



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE IMPRESORA 3D
CONTROLADA INALÁMBRICAMENTE POR BLUETOOTH MEDIANTE
UNA PLATAFORMA ANDROID”**

AUTORES:

EVELYN VASCONEZ SALTOS

ANGELO VITERI LUCERO

TUTOR:

ING. GABRIEL GARCÍA

GUAYAQUIL, ECUADOR, 2017

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Nosotros, EVELYN VASCONEZ SALTOS y ANGELO VITERI LUCERO, alumnos de la Universidad Politécnica Salesiana, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, 2017

Evelyn Vásconez S.

C.I. 092203358-4

Angelo Viteri L.

C.I. 091942090-1

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo EVELYN IVONNE VASCONEZ SALTOS, con documento de identificación N° 0922033584, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado intitulado: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE IMPRESORA 3D CONTROLADA INALÁMBRICAMENTE POR BLUETOOTH MEDIANTE UNA PLATAFORMA ANDROID ”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERA ELECTRÓNICA, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

.....

Nombre: Evelyn Vásquez Saltos

Cédula: 0922033584

Guayaquil, septiembre 2017

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo ANGELO SALVATORE VITERI LUCERO, con documento de identificación N° 0919420901, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado intitulado: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE IMPRESORA 3D CONTROLADA INALÁMBRICAMENTE POR BLUETOOTH MEDIANTE UNA PLATAFORMA ANDROID ”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO ELECTRÓNICO, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

.....

Nombre: Angelo Viteri Lucero

Cédula: 0919420901

Guayaquil, septiembre 2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios, por brindarme la fortaleza de continuar frente a todas las adversidades que se cruzaron en mi camino durante el proceso de convertirme en una profesional.

A mi madre Margarita Saltos y a mi padre Victor Vásconez que me han apoyado desde el inicio de mi carrera universitaria, a mis hermanas que a su manera estuvieron día tras días brindándome su colaboración y consejos.

A mis queridos sobrinos que brindan felicidad a mis días y hacen que me esfuerce cada día más, para demostrarle que todo lo que se propongan es posible.

Evelyn Vásconez S.

DEDICATORIA

Este proyecto va a dedicado a mis padres

Saludos Cordiales, Julies Lucero y Ramón Viteri con su esfuerzo y cariño me apoyaron en todo momento y ellos fueron el motor para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Angelo Viteri L.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por dotarme de todas mis facultades y permitirme levantar cada día para ser una mejor persona.

A mis padres por educarme y guiarme en el buen camino, demostrando sus grandiosas virtudes y maravillas fortalezas.

A mis compañeros de aula que durante mi proceso académico me apoyaron de forma continua.

A la Universidad Politécnica Salesiana por permitirme formar parte de su staff de estudiantes y brindarme los conocimientos para ser un gran profesional.

Agradezco al tutor de la tesis el Ing. Gabriel García que gracias a su paciencia, colaboración y sabios consejos se logró cumplir el objetivo.

Evelyn Vásquez S.

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por darme la fuerza y sabiduría necesaria para afrontar todos los problemas que se nos presentaron en el camino y aquellas personas que me ayudaron en lo largo de la vida universitaria y a quienes fue posible realizar este proyecto, gracias a mis padres por darme siempre su apoyo incondicional Julies Lucero, Ramón Viteri, a mi compañera Evelyn Vasconez que sin ella no sería posible la realización del proyecto, a mis compañeros universitarios que siempre me ayudaron en todo lo posible, Jhonny Núñez, Enrique Villamar, Carlos Zuñiga, Fabricio Chávez, Danilo Burbano, Jonathan Granda, Jairo Gallardo, Jorge Paladines, Cristian Peña, Andrés Parraga, Pedro Alzamora, le agradezco a los docentes que fueron mi guía y modelos a seguir en mi carrera universitaria, Byron Lima, Gabriel Garcia, Victor Hulcapi, Armando López, Adrián Arce.

Angelo Viteri L.

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	TUTOR DEL PROYECTO	TEMA DEL PROYECTO
2017	Evelyn Vásquez Salto Angelo Viteri Lucero	Ing. Gabriel García	“Implementación de un prototipo de impresora 3D controlado inalámbricamente por Bluetooth mediante una plataforma Android”

El proyecto técnico de titulación: “Implementación de un prototipo de impresora 3D controlada inalámbricamente por bluetooth mediante una plataforma Android”, fue dirigido a los estudiantes de la Carrera Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil entre los años 2016 – 2017, específicamente en la materia Teoría de Diseño y el Club de Robótica para que exploren las diversas aplicaciones que contiene la impresora 3D.

En los laboratorios de teoría del diseño y de control presentan limitantes al momento de la visualización de diseños tridimensionales, ya que la única manera de visualizar hasta ahora es por medio de la computadora, pero para la industria y para la enseñanza esto resulta insuficiente.

El proyecto de titulación consiste en la implementación de un prototipo de impresora 3D controlada desde un computador o inalámbricamente mediante la comunicación por un módulo bluetooth.

Para la comunicación inalámbrica se requiere cargar el código G generado en el MatterControl, a una tarjeta SD que se ubicará dentro de la ranura en la impresora Prusa I3 X. Se realizó adaptaciones físicas como el montaje de un módulo bluetooth, un led y un paro de emergencia. A nivel del software se realizó las respectivas configuraciones para que se permita la comunicación vía bluetooth.

La aplicación se desarrolló en la plataforma gratuita de App Inventor para el sistema Android. Desde su Smartphone se puede modificar las temperaturas de la base y el extrusor, retraer el filamento, mover los ejes X, Y, Z, además de enviar a imprimir uno de los cuatro diseños 3D ya cargados en la aplicación.

Tener en cuenta que cuando se envía a imprimir una pieza hay que esperar que el proceso termine, para poder enviar la siguiente.

Los programas usados en el proyecto son de licencia libre para de esta forma facilitar el aprendizaje, evitando el uso de licencias que genera costo a los estudiantes. Generando un proyecto escalable que brinda oportunidades de mejoras en distintas áreas de ingeniería.

Brinda al alumno la oportunidad de desarrollar habilidades para diseñar de forma integral un producto, haciéndolo más compacto, de menor costo, con valor agregado en su funcionalidad, calidad y desempeño. Todo esto es de gran utilidad al entrar en el mundo laboral donde se requiere de este tipo de tecnología.

Palabras claves: software libre, bluetooth, tarjeta SD, App Inventor, impresora 3D.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	PROJECT TUTOR	PROJECT TITLE
2017	Evelyn Vasconez Saltos Angelo Viteri Lucero	Ing. Gabriel García	" Implementation of a prototype 3D printer controlled wirelessly by Bluetooth using an Android platform "

The technical project titled: "Implementation of a prototype 3D printer wirelessly controlled by bluetooth by means of an Android platform", was directed to the students of the Electronic Engineering Career of the Polytechnic University Salesiana Guayaquil between the years 2016 - 2017, specifically in The subject Theory of Design and the Robotics Club to exploit the various applications contained in the 3D printer.

In the laboratories of theory of design and control have limitations when viewing three-dimensional designs, since the only way to visualize until now is through the computer, but for industry and for teaching this is insufficient.

In the laboratories of theory of design and control have limitations when viewing three-dimensional designs, since the only way to visualize until now is through the computer, but for industry and for teaching this is insufficient.

The project of titled consists of the implementation of a prototype of printer 3D controlled from a computer or wirelessly by means of the communication by a bluetooth module.

For wireless communication it is necessary to load the G code generated in the MatterControl, an SD card that is located inside the slot in the Press I3 X printer. Physical adaptations were made such as the fixation of a bluetooth module, a led and a stop Emergency One level of the software was made the respective configurations so that communication via bluetooth is allowed.

The application was developed in the free App Inventor platform for the Android system. From your Smartphone you can modify the temperatures of the base and the extruder, retract the filament, move the X, Y, Z axes, in addition to sending to print one of the four 3D designs already loaded in the application.

Note that when you send to print a piece you have to wait for the process to finish, so you can send the next one.

The programs used in the project are free license in order to facilitate learning, avoiding the use of licenses generated by students. Generating a scalable project that provides opportunities for improvement in different areas of engineering.

It gives the student the opportunity to develop skills to design a product in a comprehensive way, making it more compact, lower cost, with added value in its functionality, quality and performance. All this is very useful when entering the world of work where this type of technology is required.

Keywords: free software, bluetooth, SD card, App Inventor, 3D printer.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS	III
DEDICATORIA	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	X
ÍNDICE GENERAL.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVIII
INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA.....	2
1.1 Antecedentes.	2
1.2 Importancia y Alcances.	2
1.3 Delimitación.	3
2. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo General.	5
2.2 Objetivos Específicos.	5
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
3.1 Geetech Prusa I3X.	6
3.1.1 Especificaciones Técnicas.....	6
3.1.2 Ventajas.....	7
3.1.3 Desventajas	7

3.2	Técnicas de Prototipado Rápido.....	7
3.2.1	Ventajas:.....	8
3.2.2	Funcionamiento.....	8
3.2.3	Principales Tecnologías.	8
3.2.4	Impresión por deposición de material fundido (FDM).	9
3.2.5	Filamento PLA	10
3.3	Arduino Mega 2560.....	11
3.4	Ramps 1.4.....	12
3.5	POLOLUS	12
3.5.1	Pololu A4988.	13
3.6	MOTOR NEMA 17.....	14
3.6.1	Conexionado de motores paso a paso para Ramps 1.4	15
3.7	SENSOR DE TEMPERATURA.....	15
3.8	FINALES DE CARRERA	16
3.9	CAMA CALIENTE	17
3.10	MÓDULO BLUETOOTH HC-06.....	18
3.10.1	Características	18
3.10.2	Configuración física del módulo bluetooth con la Ramps 1.4.....	19
3.11	APP INVENTOR	20
3.11.1	Ventajas:.....	20
3.11.2	Desarrollo de la aplicación en App Inventor para sistema Android	21
3.12	MARLIN	23
3.12.1	Programación en el entorno Arduino versión 1.0.2	23
3.12.2	Programación de la comunicación bluetooth en el Marlin.....	24
3.12.3	G-CODE.....	27
3.13	MATTER CONTROL.....	29
3.13.1	Configuración del MatterControl.....	30

3.14	TINKERCAD	32
3.15	123D DESIGN	33
	MARCO METODOLÓGICO	33
4.1	METODOLOGÍA	33
4.1.1	Método Inductivo	33
4.1.2	Método Deductivo.....	33
4.1.3	Método Histórico	33
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	34
4.2.1	Práctica 1	34
4.2.2	Práctica 2	43
4.2.3	Práctica 3	51
	IMPACTO.....	56
	FUNCIONALIDAD.....	57
	CONCLUSIONES	58
	RECOMENDACIONES	59
	REFERENCIAS	60
	ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Geeetech Prusa I3X.....	6
Figura 2: Principales tecnologías de prototipado rápido	8
Figura 3: Tipos de impresoras 3D en función de la tecnología de impresión 3D que emplean.	9
Figura 4: Filamento de PLA	10
Figura 5: Ramps1.4.....	12
Figura 6: Pololus.....	12
Figura 7: Pololu A4988	13
Figura 8: Nema 17	14
Figura 9: El extrusor 3D	15
Figura 10: Termistor 100k	16
Figura 11: Finales de carrera	16
Figura 12: Cama caliente	17
Figura 13: Módulo Bluetooth HC06.....	18
Figura 14: Configuración física del módulo bluetooth.....	19
Figura 15: switch y led.....	19
Figura 16: App Inventor	20
Figura 17: Pantalla Bienvenida.....	21
Figura 18: Menú principal	22
Figura 19: Arduino versión 1.0.2.....	23
Figura 20: Carga el Marlin	23
Figura 21: Configuración de los motores	24
Figura 22: Marlin comunicación bluetooth	25
Figura 23: Configuración de velocidad del puerto.	25
Figura 24: Configuración de botonera y el led.	26
Figura 25: Designación de pines para la botonera y el led.	27
Figura 26: Entorno del MatterControl	29
Figura 27: Configuración de la temperatura	30
Figura 28: Controles	31
Figura 29: TINKERCAD.....	32
Figura 30: Formas Tinkercad.....	32
Figura 31: Agrupación Tinkercad.....	32
Figura 32: 123D DESING	33

Figura 33: Thingiverse página inicio	35
Figura 34: Diseño de Thingiverse.....	35
Figura 35: Bienvenida programa 123D Design	36
Figura 36: Abrir un diseño.....	36
Figura 37: Diseño “Universidad Politécnica Salesiana Logo”	37
Figura 38: Enviar a Meshmixer	37
Figura 39 : Meshmixer.....	38
Figura 40: Analizar con el inspector.....	39
Figura 41: Indicador de errores con colores	39
Figura 42: Exportar diseño para imprimir	40
Figura 43: Impresora Prusa I3 X	41
Figura 44: Elegir calidad y material	41
Figura 45: Pestaña ajustes en MatterControl	42
Figura 46: Modifica temperatura y distancia de ejes.....	42
Figura 47: Exportar G-CODE.....	44
Figura 48: Terminal	44
Figura 49: UPS2	45
Figura 50: LogoUps.....	46
Figura 51: Entorno gráfico.....	46
Figura 52: Programación de bloques	47
Figura 53: Programación de bloque UPS2	48
Figura 54: Generar código QR.....	48
Figura 55: Código APK	49
Figura 56: Aplicación MIT AI2 Companion	49
Figura 57: Emulador	49
Figura 58: Código QR	50
Figura 59: Print- 3D.....	52
Figura 60: Pantalla de inicio vista desde el celular.....	52
Figura 61: Menú opciones visto desde el celular.....	53
Figura 62: Galería 3D vista desde el celular.....	53
Figura 63: Comunicación inalámbrica.....	54
Figura 64: UPS2 visto desde el celular.....	54
Figura 65: Objeto seleccionado para imprimir	55
Figura 66: Inicio de la impresión	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: PLA filamento características	10
Tabla 2: Características técnicas	11
Tabla 3: Códigos	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Configuración avanzada del MatterControl práctica 1	62
Anexo 2: Diagrama de bloques en la plataforma App Inventor para la práctica 2....	64
Anexo 3: Banco de piezas cargadas en la aplicación.	65
Anexo 4: Piezas impresas	68
Anexo 5: Ensamblaje del prototipo impresora Geetech Prusa I3X.	69
Anexo 6: Elaboración de caja para ubicar las tarjetas.	70
Anexo 7: Prototipo de impresora Geetech Prusa I3 X.....	70
Anexo 8: Datasheet Arduino Mega 2560	71
Anexo 9: Datasheet Ramps 1.4.....	72
Anexo 10: Conexiones en la tarjeta Ramps 1.4.....	73
Anexo 11: Datasheet Motor Nema 17	74
Anexo 12: Datasheet del Módulo Bluetooth Arduino HC-06	75
Anexo 13: Ficha técnica de filamento PLA.....	78
Anexo 14: GLOSARIO	79
Anexo 15: PRESUPUESTO	80

INTRODUCCIÓN

La tecnología de impresión en 3D es capaz de llevar la industria a la comodidad del hogar, la impresora es capaz de transformar los bits en átomos, los diseños digitales en objetos físicos, las funciones son variadas en una impresora 3d prácticamente no tienen límites, el uso es tan diverso que se puede beneficiar a distintos campos como el de la medicina, la ingeniería, la arquitectura.

Esta tecnología ha existido desde varias décadas y solo estaba al alcance de instituciones que tenían gran poder adquisitivo, pero gracias a uso de software libre y la existencia de modelos de bajo costo, la impresión en 3D es una total revolución digital.

La impresora 3D se entrega al área de ingeniería electrónica, para que los estudiantes y docentes tengan la oportunidad de observar como un archivo digital elaborado o descargado por ellos puede convertirse en piezas plásticas tangibles de cualquier tamaño y características respetando las limitaciones del modelo de impresora. Esto fomenta el interés académico hacia este tipo de tecnología.

El proyecto brinda dos opciones para imprimir, una por medio de conexión USB comunicando la computadora con la impresora 3D y otra por medio de la comunicación vía bluetooth desde el Smartphone hacia la impresora 3D.

Haciendo uso de los beneficios de usar software libre se utilizó la plataforma de App Inventor creando una aplicación que permite al usuario desde un Smartphone modular las temperaturas, mover los ejes y también imprimir un diseño a su elección.

1. EL PROBLEMA

1.1 Antecedentes.

En la actualidad, es necesario crear y promover una sociedad sostenible basada en la tecnología de prototipado rápido. Debido a que existe un crecimiento en todo tipo de industrias de la electrónica, biotecnología, medicina entre otros, por ello es necesario manejar esta tecnología escalable que generará una matriz productiva de crecimiento profesional.

En Ecuador la población más comprometida con el desarrollo de esta tecnología son los estudiantes. Como ejemplo los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), realizaron el proyecto HandEyes con el uso de la impresora 3D, con lo que se hicieron ganadores del concurso internacional de History Channel. (El Telégrafo, 2016)

En la actualidad los estudiantes y docentes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil tienen la limitante al implementar diseños personalizados para aplicaciones específicas lo que genera costos elevados y aumento de tiempo de producción. Esto afecta tanto en lo económico como en el proceso del proyecto.

Otra de las dificultades con la que se encuentran los estudiantes en el área de ingeniería del sistema educativo es la obtención de licencias que permitan el uso de un software. Por ello en este trabajo se optó por el uso de software libre que se adapte a las necesidades del proyecto.

1.2 Importancia y Alcances.

La impresora 3D ofrece un abanico de propuestas didácticas para los estudiantes y docentes de la Universidad Politécnica Salesiana revolucionando e innovando nuevos métodos de aprendizaje y entendimiento de conceptos.

El proyecto tiene como alcance la implementación de un prototipo de impresora 3D, que mediante el proceso aditivo capa por capa logra la impresión de piezas plásticas previamente diseñadas en tres dimensiones.

La programación en software libre de la tarjeta controladora Arduino Mega 2560 y el modulo Bluetooth HC-06 permite controlar remotamente desde un ordenador o inalámbricamente desde un Smartphone la impresora 3D.

La aplicación para el Smartphone desarrollada por los autores en App Inventor para el sistema Android, permite al usuario modular las temperaturas de la base y el extrusor previo a la impresión, mover los ejes en dirección x, y, z, el usuario puede indicar que distancia quiere que se mueva el eje, el movimiento del eje se da es en milímetros o puede elegir que todos los ejes se dirijan al punto cero, además existe diseños ya cargados en la aplicación listos para imprimir para ello debe dirigirse a Galería 3D y elegir el que más le agrada. Para poder imprimir el diseño elegido se requiere que el G-CODE este cargado en la tarjeta SD.

Los beneficiarios son los estudiantes de la Carrera Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, específicamente en la materia Teoría de Diseño y el Club de Robótica para que entiendan el funcionamiento y aprovechen las diversas aplicaciones que brinda la impresora 3D.

1.3 Delimitación.

Delimitación de contenido

El proyecto técnico de titulación está dirigido para el club de robótica y enfocado hacia la materia teoría del diseño de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede de Guayaquil, se desarrolla en el año 2017.

El prototipo consta de los siguientes elementos y equipos de comunicación: tarjeta arduino mega 2560, ramps 1.4, pantalla LCD, tarjeta SD, finales de carrera, termistores, pololu, motor nema 17, cama caliente, extrusor, módulo bluetooth hc-06, led de comunicación, interruptor, fuente conmutada.

Para lograr imprimir una pieza 3D, tenemos dos opciones, una desde la computadora y otra desde el Smartphone en este caso se debe guardar el G-CODE del diseño en la tarjeta SD y elegir en la aplicación la imagen que desea imprimir.

La aplicación se desarrolló para el sistema Android desde el entorno App Inventor para la comunicación entre el móvil y la impresora, se realiza modificaciones tanto en el hardware y el software del prototipo para poder realizar las integraciones pertinentes

con respecto al proyecto, dentro de la aplicación se controla los movimientos de los ejes X, Y, Z, las temperaturas de la cama caliente y el extrusor y además se puede enviar a imprimir un diseño 3D.

En la sección galería 3D al elegir un diseño la aplicación direcciona a una ventana donde se puede visualizar una barra con opciones una es “pausa” que permite detener la impresión de forma momentánea y otra llamada “Stop” que aborta la operación. Esta acción también se puede realizar de forma manual con el switch ubicado en la impresora 3D.

Se realiza tres prácticas que brindará al estudiante el conocimiento para manejar el prototipo y la aplicación.

Se entregará un manual de usuario que explique el correcto funcionamiento, los cuidados y posibles problemas que puede presentar el equipo.

En el desarrollo de la aplicación en App Inventor permite utilizar máximo 10 megas, al pasar de esa capacidad el programa se comienza a generar problemas de funcionamiento con la impresora.

Delimitación Espacial

La siguiente investigación se desarrollará en la ciudad de Guayaquil.

Delimitación Temporal

El proyecto se desarrollará en un periodo de un año a partir de su aprobación por el consejo de carrera de la facultad de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.

Implementar un prototipo de impresora 3D controlada desde un ordenador o inalámbricamente mediante un módulo bluetooth, se desarrolla una aplicación en el sistema Android que permitirá imprimir los diseños, modificar las temperaturas y mover los ejes todos remotamente desde un Smartphone.

2.2 Objetivos Específicos.

- Ensamblar el kit de impresora 3D, utilizando las herramientas adecuadas de hardware y software
- Establecer los componentes electrónicos compatibles para la implementación de la impresora 3D.
- Realizar adecuaciones físicas en el prototipo para la comunicación vía bluetooth.
- Integrar la comunicación inalámbrica entre el módulo bluetooth y la tarjeta controladora Arduino Mega 2560.
- Desarrollar una aplicación compatible con el sistema Android que permita imprimir diseños, modificar las temperaturas y mover los ejes de la impresora 3D desde un Smartphone.
- Elaborar piezas plásticas con material PLA tamaño máximo de 20x20x18cm de largo, ancho y alto respectivamente.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 Geeetech Prusa I3X.

La impresora 3D crea piezas tridimensionales por medio de la adición de material.

El proceso de impresión inicia con un diseño digital creado mediante algún software de modelado o descargado y termina con la generación de la pieza sólida tridimensional.

Geeetech Prusa I3 X forma parte de la familia Prusa I3, brinda facilidad de uso, calidad, rendimiento y rentabilidad.



Figura 1: Geeetech Prusa I3X

Fuente: <http://www.sais3d.com/producto/prusa-i3x/>

3.1.1 Especificaciones Técnicas.

- Tecnología de impresión FDM
- Diámetro de filamento 1.75 mm
- Diámetro de extrusor 0.4 mm
- Resolución 100 micrones
- Precisión de movimiento:
 - XY: 11 micrones
 - Z: 2.5 micrones

- Volumen de impresión: 22.5×22.5×16 cm.
- Máximo velocidad de movimiento 300mm/s
- Máxima temperatura de extrusor: 250C
- Máxima temperatura de cama: 120C
- Conectividad USB, SD Card
- Consumo energético 140 W
- Sistema operativo: WINDOWS (7+) y MAC OS X (10.7+). (Sais3d, s.f)

3.1.2 Ventajas

- Versatilidad.
- Reducción de costes.
- Detección temprana de errores.
- Personalización.
- Optimiza tiempo.
- Nueva industria y sector.

3.1.3 Desventajas

- Alto consumo de energía.
- Tiempo de impresión, en el caso de diseños grandes el tiempo se puede alargar.
- Dependencia de materiales plásticos.

3.2 Técnicas de Prototipado Rápido.

El prototipado rápido es una técnica que por medio de un diseño realizado en 3D, se consigue una pieza de forma rápida y precisa. En el mundo empresarial se ha optado por este tipo de técnica que ahorra costo, optimiza tiempo y se logra una mejor precisión del producto final.

3.2.1 Ventajas:

- Comunicación de las ideas de diseño de forma veloz y eficiente.
- Ratificar la forma, el ajuste y funcionalidad del diseño.
- Flexibilidad de diseño, con la oportunidad de repetir el proceso de forma rápida hasta alcanzar el diseño deseado.
- Menos fallos de diseño de producción y superiores productos finales.

3.2.2 Funcionamiento

Prototipado rápido es un proceso de fabricación aditiva, que inicia con un diseño realizado en un software de modelado. La impresora 3D carga el diseño a su sistema y ubica capas sobre capas, de esta forma fábrica el diseño tridimensional, partiendo de una secuencia de secciones transversales, que se unen y forman el diseño final. (stratasys, s.f)

La técnica de prototipado rápido usa un formato llamado STL, que delimita la superficie exterior de la pieza.

En los modelos 3D varia el tiempo de fabricación, depende del modelo de máquina y el tipo de diseño de la pieza.

3.2.3 Principales Tecnologías.

En el prototipado rápido las principales técnicas y tecnologías usadas se conforman en cuatro grupos: Estereolitografía (SLA), sinterización selectiva por láser (SLS), fabricación por corte y laminado (LOM), deposición por hilo fundido (FDM). (Sánchez Jiménez, Fernández de la Puente, & Llorente Geniz, s.f, pág. 1)

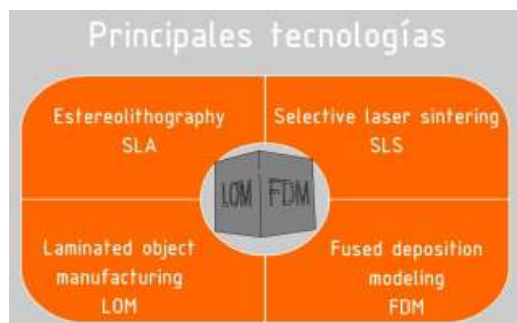


Figura 2: Principales tecnologías de prototipado rápido

Fuente: XVI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Recuperado de:

<http://www.egrafica.unizar.es/ingegraf/pdf/comunicacion17068.pdf>

3.2.4 Impresión por deposición de material fundido (FDM).

La tecnología de modelado por deposición fundida (FDM), consiste en depositar el hilo fundido sobre la plataforma de impresión, capa a capa.

El material que al inicio está en estado sólido, comienza calentando el hilo y es expulsado por el cabezal, capa por capa. Al término de cada capa el cabezal de impresión se eleva a la altura indicada y el proceso se repite hasta que el diseño esté terminado, la pieza se enfría y se solidifica.

La técnica FDM es la más usada en cuanto a impresoras 3D de escritorio y usuarios domésticos se refiere debido a su relación calidad-precio.

En la actualidad se usan distintos tipos de materiales, entre los que predominan ABS y PLA. (Escobar, 2016)

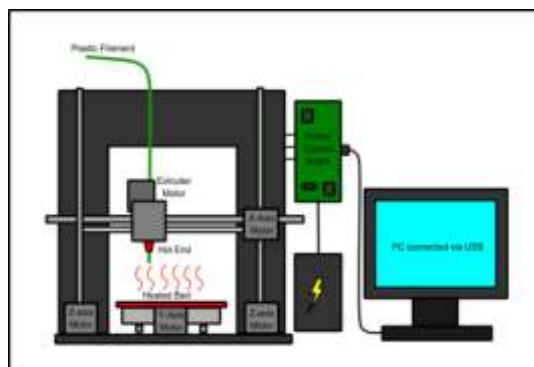


Figura 3: Tipos de impresoras 3D en función de la tecnología de impresión 3D que emplean.

Fuente: <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102883975-tipos-de-impresoras-3d>

3.2.5 Filamento PLA

El PLA (poliácido láctico) es biodegradable debido a que se fabrica a base de materias primas renovables. Es el más usado por su facilidad de impresión, adherencia, precisión.



Figura 4: Filamento de PLA

Fuente: <http://www.3dnatives.com/es/plasticos-impresion-3d-22072015/pla2-150x150/>

Tabla 1: PLA filamento características

PLA	
Descripción	Plástico duro y resistente. Con buen acabado.
Diámetro	1,75 mm y 3 mm.
Temperatura de impresión	210 °c
Impacto ambiental	No emite gases nocivos. Es biodegradable.
Utilidad	Para piezas huecas con paredes finas.
Limitaciones y características	No necesita base caliente. (Más rápido). No resiste altas temperaturas (máximo 50 -60 °C). Es más frágil, pero más estable y más fácil de imprimir.

Fuente: (De la Peña, 2014, pág. 21)

***Nota:** La temperatura óptima de impresión varía según la impresora 3D utilizada y la velocidad de impresión elegida.

3.3 Arduino Mega 2560

Arduino Mega es una (PCB) electrónica basada en los ATmega2560, consta de 54 entradas /salidas digitales (15 se pueden usar para salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos seriales), un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un conector ICSP y un pulsador para el reset.

Es causa de su gran robustez es usada en distintos proyectos, entre los que se destacan la impresora 3D y domótica. (Arduino, 2017)

Tabla 2: Características técnicas

Especificaciones técnicas	
microcontrolador	Atmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Digital pines I / O	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	Dieciséis
Corriente DC por Pin I / O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	256 KB de los cuales 8 KB utilizado por cargador de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Longitud	101.52 mm
Anchura	53,3 mm
Peso	37 g

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardMega2560#>

3.4 Ramps 1.4

Ramps 1.4 es un shield (escudo), que se ubica en la Arduino mega 2560 y que permite regular los elementos de potencia, para evitar cualquier tipo de daño.

Diferentes tipos de conectores y elementos contiene la RAMP 1.4. Entre los más importantes está, cinco Pololus que es un driver que maneja la potencia que se envía a los motores paso a paso, tres mosfet de potencia que se usan para calentar la cama de impresión y además el HotEnd's, un conector para la pantalla LCD y los distintos pines donde se conecta los finales de carrera y sensores de temperatura. (Diosdado, s.f)

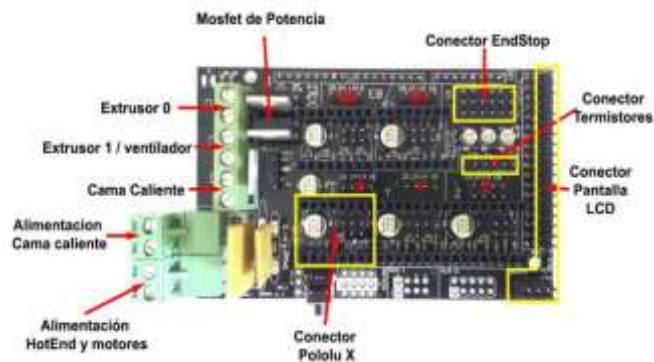


Figura 5: Ramps1.4

Fuente: www.zonamaker.com/impresion-3d/crea-impresora/3-electronica-crea-imp

3.5 POLOLUS

El pololu es un driver que se encarga de la potencia que se entrega al motor y regula la corriente del motor por medio del cambio que se le dé al potenciómetro. El pololu se ubica sobre la Ramps. (Diosdado, s.f)



Figura 6: Pololus

Fuente: www.zonamaker.com/impresion-3d/crea-impresora/3-electronica-crea-imp

3.5.1 Pololu A4988.

El A4988 es un controlador (drivers) que simplifica el manejo de motores paso a paso desde un procesador como Arduino.

Con este controlador se logra gestionar los altos voltajes e intensidades que necesitan los motores, limitar la corriente que transita por el motor, y ofrecer las protecciones necesarias que eviten cualquier tipo de daño en la parte electrónica. (Llamas, 2016)

Las características principales de este controlador A4988 de Pololu son:

- Fácil control del paso y la dirección.
- Resoluciones diferentes de 1, 1/2, 1/4, 1/8 o 1/16 pasos.
- Con un potenciómetro se logra determinar la corriente de salida máxima.
- Voltaje máximo de 35 V.
- Funciona con microcontroladores de 3.3 V y 5 V.
- Se desconecta de forma automática con altas temperaturas y sobrecarga.
- Protección ante cortocircuitos.
- PCB de 4 capas, 56.7g de cobre PCB (mejora la disipación del calor) y un pad GND expuesto bajo el integrado. (Digital, s.f)



Figura 7: [Pololu A4988](#)

Fuente: Los autores

3.6 MOTOR NEMA 17

Motor NEMA 17 es uno de los más extendido y usado para la construcción de impresoras 3D, gracias a su robustez y tiene un torque potente (3.2Kg/cm).

El motor paso a paso nema 17, es un motor bipolar con la habilidad de dar 200 pasos por vuelta, saca al exterior cuatro hilos que brinda acceso a las dos bobinas que se encuentra en el interior. (Diosdado, s.f)



Figura 8: Nema 17

Fuente: www.zonamaker.com/impresion-3d/crea-impresora/3-electronica-crea-imp

Características.

- Tamaño: 42 mm x 38 mm cuadrados, sin incluir el eje (NEMA 17)
- Peso: 285g (10 onzas).
- Diámetro: 5mm
- Pasos por revolución: 200
- Corriente: 1.68A por bobina
- Voltaje: 2.7 v
- Resistencia: 1.65 Ohm por bobina
- Torque: 3.7Kg-cm (51 onzas-in)
- Inductancia: 3.2 mH por bobina

3.6.1 Conexión de motores paso a paso para Ramps 1.4

Diagrama de las conexiones de motores nema 17 en la Ramps 1.4

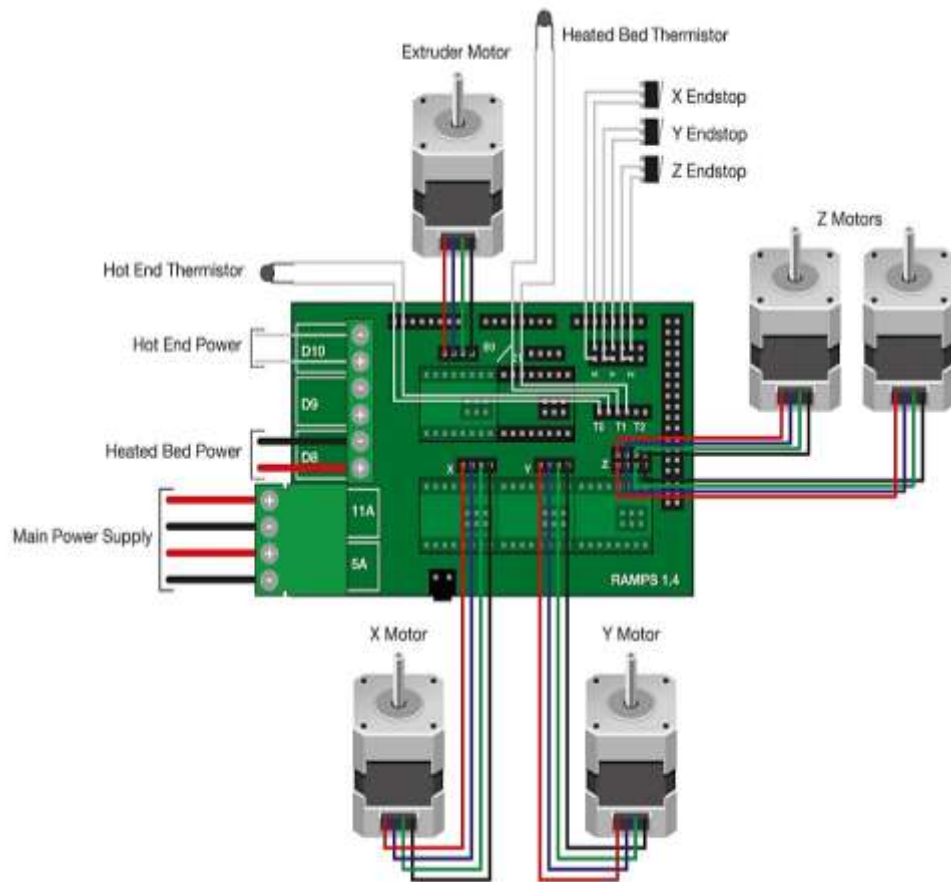


Figura 9: El extrusor 3D

Fuente: <https://extrusor3d.wordpress.com/tag/arduino/>

3.7 SENSOR DE TEMPERATURA

El control de la temperatura es de suma importancia en la impresora, por diversos factores como obtener piezas con un buen acabado, además para precautelar el bienestar de los elementos que conforma la impresora.

EL control de temperatura consta de dos termistores, uno ubicado en la cama caliente y el segundo en el extrusor. El arduino se encarga de la regulación de temperatura por

medio del PID. El termistor usado en el proyecto es el de 100k, se debe declarar en el firmware. (Diosdado, s.f)



Figura 10: Termistor 100k

Fuente: www.zonamaker.com/impresion-3d/crea-impresora/3-electronica-crea-imp

3.8 FINALES DE CARRERA

Los finales de carrera permiten detectar el inicio de impresión, lleva el extrusor al punto (0, 0, 0). Al conocer la posición de partida (home) la impresora calculará el desplazamiento máximo para los tres ejes.

El prototipo consta con tres finales de carrera para cada uno de los ejes, para el proyecto se trabaja con ellos en la posición normalmente cerrados. (Diosdado, s.f)



Figura 11: Finales de carrera

Fuente: www.zonamaker.com/impresion-3d/crea-impresora/3-electronica-crea-imp

3.9 CAMA CALIENTE

La impresora 3D permite al usuario elegir diferentes tipos de materiales, cada uno de estos materiales tiene características especiales que requiere diferentes factores o temperaturas. Por ejemplo, el material PLA necesita que la temperatura del *hotend* esté en torno a 205-220°C, pero también necesita de un ventilador de capa que enfría el material de forma rápida, esto logra una mejor definición en la pieza. Otros necesitan una base para la impresora a una temperatura de unos 70°C, a esto se le llama “cama caliente”. (Sierra, 2015)



Figura 12: Cama caliente

Fuente: <https://electronilab.co/tienda/pcb-heatbed-mk2a-cama-caliente-para-impresora-3d/-3d>

La cama caliente tiene una resistencia que cuando se aplica tensión se calienta. Cuando la cama tiene la temperatura mayor al ambiente el material que es extruido no identifica la diferencia de temperatura, cuando sale del hotend, esto brinda una mejor adherencia. (Sierra, 2015)

Cuando la cama caliente llega a una temperatura de unos 70°C se necesita proporcionarle una corriente muy alta, lo que hará que el equipo tenga un alto consumo energético puede llegar a consumir unos 10 A. (Sierra, 2015)

Especificaciones:

- Laminado FR4 1.6 + -0.15mm
- Dos capas de cobre 35µm
- Entrada de potencia: 12Vdc
- Agujeros chapados en cobre
- Resistencia entre 1-2 ohm
- Dimensiones 214 mm x 214mm.

3.10 MÓDULO BLUETOOTH HC-06

El módulo bluetooth HC-06 permite agregar conectividad inalámbrica a través de una interfaz serial TTL entre Microcontroladores (PIC, Arduino) y otros dispositivos como PC, laptops o tu Smartphone. La transmisión de datos se realiza en la banda de 2,4 GHz. (naylampmechatronics, s.f)

3.10.1 Características

- Es un dispositivo muy fácil de obtener, económico y sencillo de utilizar.
- Modo esclavo (Solo puede operar en este modo)
- El modulo luego de realizar un enlace con otro dispositivo tiene la capacidad de recordar en la memoria interna y no solicitar validación, pero si se activa el pin (KEY) hacia la tensión de alimentación, esta información se elimina y el módulo HC-06 solicitará nuevamente la validación del enlace.
- Voltaje de operación 3.6 V a 6 V
- Módulo montado en tarjeta con regulador de voltaje y 4 pines suministrando acceso a VCC, GND, TXD, y RXD
- Consumo de corriente: 30 mA a 40 mA
- Alcance 5 m a 10 m
- Velocidad de transmisión de datos entre 1200BPS y 1,3MBPS
- El diodo LED funciona como un indicador de estado, cuando el bluetooth este energizado y no conectado a otro dispositivo, el led se enciende de modo intermitente, pero cuando se conecta a un dispositivo se enciende en forma continua. (Mario, 2011)



Figura 13: Módulo Bluetooth HC06

Fuente: <http://www.naylampmechatronics.com/inalambrico/24-hc06-modulo-bluetooth.html>

3.10.2 Configuración física del módulo bluetooth con la Ramps 1.4

El módulo Bluetooth hace la comunicación entre el Smartphone con sistema android hacia la impresora 3d. Para el proceso de integrar el módulo bluetooth en la tarjeta Ramps 1.4 integrada en la impresora, se habilito otro puerto serial que será el puerto 11 y se llamará RX y el puerto 6 que se llamará TX.

Tener en cuenta que la velocidad que trabajará este nuevo puerto serial será de 9600 baudios.

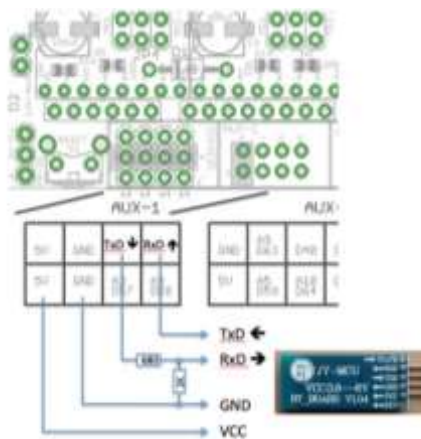


Figura 14: Configuración física del módulo bluetooth

Fuente: Los autores

Se adaptó un switch on / off, cuando se habilita el swieth pasa de OFF a ON se encenderá el led indicando que ya se puede conectar el celular al módulo bluetooth inalámbricamente, cuando este establecida la conexión no se debe realizar ninguna acción desde la computadora porque esto generaría problemas en la comunicación.



Figura 15: switch y led

Fuente: Los autores

3.11 APP INVENTOR

App Inventor es una plataforma que nos permite desarrollar de manera visual las aplicaciones para los teléfonos con sistemas operativos Android desarrollado por el entorno MIT. Para poder desarrollar aplicaciones con App Inventor sólo necesitamos un navegador web y un teléfono con sistema operativo Android.



Figura 16: App Inventor

Fuente: <http://qtsappinventor.blogspot.com/2015/09/que-es-app-inventor.html>

3.11.1 Ventajas:

- Crea aplicaciones con bloques de forma gráfica, no requiere saber código de programación.
- El acceso a los proyectos se realiza en cualquier momento, lugar y hora, solo es necesario estar conectado al internet.
- El emulador posee varias formas de conexión directa o wifi.
- La aplicación se puede descargar por medio del apk al computador para ser instalada en el teléfono celular. Si se tiene un celular con sistema operativo Android no es necesario realizar lo antes mencionado, solo conectamos el teléfono con la opción conectividad por USB. (Aguilera, 2015)

3.11.2 Desarrollo de la aplicación en App Inventor para sistema Android

Al momento del desarrollo de la aplicación para Android se trabaja con dos herramientas:

- App Inventor Designer: La interfaz gráfica donde se añaden los botones, suben las imágenes, ubica cuadro de diálogos, entre otros.
- App Inventor Blocks Editor: Es un editor de bloques donde se define el comportamiento de los componentes de la aplicación.

Se modificó la parte del hardware de la impresora para lograr la comunicación bluetooth.

Se observa la pantalla de bienvenida a la aplicación.



Figura 17: Pantalla Bienvenida.

Fuente: Los autores

Se ve el Menú principal que permite elegir entre tres opciones modificar nivel extrusor y de la base, ejecuta. Además, posee una galería 3D donde existen diseños listos para imprimir. Todo se encuentra mejor detallado en el manual de usuario.



Figura 18: Menú principal

Fuente: Los autores

3.12 MARLIN

Marlin es un firmware que se ejecuta en la tarjeta Arduino Mega 2560 que gestiona todos los movimientos y comunicación con la con la placa Ramps 1.4, el ordenador y el modulo bluetooth. EL lenguaje de control es un derivado del G-código.

3.12.1 Programación en el entorno Arduino versión 1.0.2

Se carga el Marlin dentro del entorno de programación de Arduino versión 1.0.2, selecciona la tarjeta controladora Arduino Mega 2560 y el puerto al que está conectado.

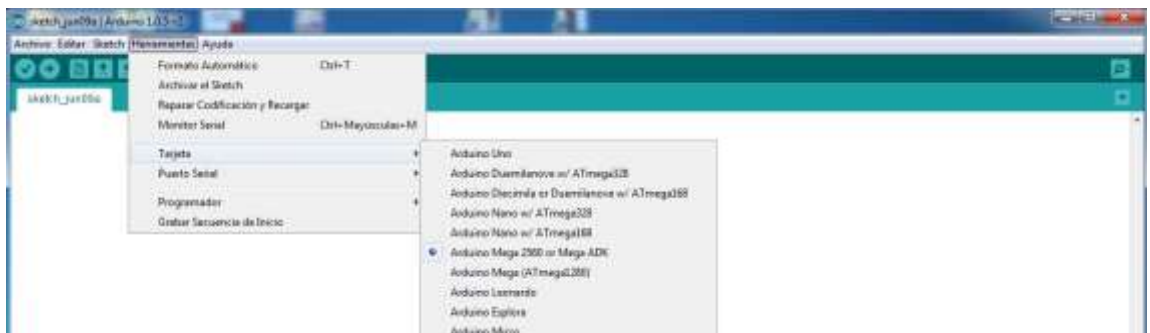


Figura 19: Arduino versión 1.0.2

Fuente: Los autores

Desde la barra de herramientas selecciona a archivo/abrir, buscar el archivo que se llama "Marlin.", se abre y aparece una nueva ventana.



Figura 20: Carga el Marlin

Fuente: Los autores

En la pestaña “Configuration.h” se configura los parámetros principales de la impresora 3D.

Para configurar la velocidad de los motores paso a paso por milímetro, para el eje Z va depender de los pasos del motor, la resolución de los pololus con los "jumpers" y el paso de rosca de la varilla.

Se aplica la fórmula: pasos por mm = pasos del motor por vuelta X micro pasos del pololo / paso varilla. Se encuentra mejor detallado en el manual de usuario.



```
#define SERIAL_PORT 0
#define SERIAL_PORT_2 0
// #define SERIAL_PORT_3 0 // For 4010: Distance between boards and serial number offset timing.

/// MOVEMENT SETTINGS
#define STEPS_AXIS 4 // The axis order in all axis related arrays is X, Y, Z, E
#define MINIMUM_FEEDRATE (30*60, 30*60, 3*60, 0) // min the tuning speeds (mm/min)

// default settings
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT (80,80,2540,80) // X, Y, Z, E // 1 MM=20.000
#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE (400, 400, Z, 45) // mm/sec
#define DEFAULT_MAX_ACCELERATION (3000,3000,10,5000) // X, Y, Z, E maximum start speed for accelerated moves. E default values are good for Deltaforge 40c, for older versions raise the

#define DEFAULT_ACCELERATION 1000 // X, Y, Z and E max acceleration in mm/s^2 for printing moves
#define DEFAULT_RETRACT_ACCELERATION 3000 // X, Y, Z and E max acceleration in mm/s^2 for retracts

// Uncomment if the servos are mounted at an angle other than 90 degrees. This affects the direction the extruders move.
// The effect has to be double, the first for the extruder 0 (bottom) (default extruder),
// for the other boards it is their distance from the extruder 0 board.
// #define EXTRUDER_OFFSET_X (0.0, 0.0, 0.0) // (in mm) for each extruder, offset of the board on the X axis
// #define EXTRUDER_OFFSET_Y (0.0, 0.0, 0.0) // (in mm) for each extruder, offset of the board on the Y axis
```

Figura 21: Configuración de los motores

Fuente: Los autores

3.12.2 Programación de la comunicación bluetooth en el Marlin

Es necesario crear un nuevo puerto serie, debido a que no se puede utilizar el puerto serial que usa la impresora, porque si se utiliza la transmisión de datos se colapsa. La placa electrónica RAMPS 1.4 adaptada a la Arduino mega en la impresora 3D, brinda la opción de abrir puertos serie mediante software y hardware.

El Marlin contiene varias librerías de las cuales se modifica el “marlinmain.cpp”.

Con esta configuración se logra abrir el nuevo puerto serie que se necesita para la comunicación bluetooth, en este caso se designó al pin 11 como Rx y el pin 6 como Tx.

```
#include "Marlin.h"
#include <SoftwareSerial.h> // software serial #1: TX = digital pin 14, RX = digital pin 15
SoftwareSerial miPuerto(11,6); // TX = digital pin 11, RX = digital pin 6
```

Figura 22: Marlin comunicación bluetooth

Fuente: Los autores

La velocidad en baudios del puerto serie creado es de 9600, a diferencia del ordenador que es 115200 baudios.

```
void setup()
{

  miPuerto.begin(9600);
  pinMode(5, INPUT_PULLUP); // declara el pin 5 como entrada full
  pinMode(4, OUTPUT); // pin led

  setup_killpin();
  setup_powerhold();
  MYSERIAL.begin(BAUDRATE);
  SERIAL_PROTOCOLLNPGM("start");
  SERIAL_ECHO_START;
```

Figura 23: Configuración de velocidad del puerto.

Fuente: Los autores

Se usa un puerto digital libre de la placa RAMPS 1.4, se ubica una botonera en forma de pull-up, cuando el interruptor está en **ON**, se activa un led azul que significa que se controla desde el móvil y cuando el interruptor este en **OFF** se controla desde el computador.

```
int estado; //declaro una variable estado
void loop()
{
// miPuerto.listen(); // escucho mi Puerto
estado=digitalRead(5); // recibo la variable del pin numero 5

if(estado == HIGH) //codiciono la variable recibida del pin 5 (boton)
{digitalWrite(4,HIGH);} //opcion activar el led por verdad
else
{digitalWrite(4,LOW);}

    if(bufllen < (BUFSIZE-1))
        get_command();
#ifdef SDSUPPORT
    card.checkautostart(false);
#endif
}
```

```
void get_command()
{
while( MYSERIAL.available() > 0  && bufllen < BUFSIZE || miPuerto.available() > 0 && bufllen < BUFSIZE)

if(estado==HIGH)// si el boton esta activado recibo informacion del puerto virtual (Bluetooth)
{serial_char = miPuerto.read();}
else // si el boton no esta activado recibo la informacion del puerto por defecto (USB)
{serial_char = MYSERIAL.read();}

MYSERIAL.write(serial_char);// presento el resultado del serial char
    if(serial_char == '\n' ||
    serial_char == '\r' ||
    (serial_char == ':' && comment_mode == false) ||
    serial_count >= (MAX_CMD_SIZE - 1) )
    {
if(!serial_count) { //if empty line
    comment_mode = false; //for new command
    return;
}
}
```

Figura 24: Configuración de botonera y el led.

Fuente: Los autores

El interruptor con el sistema pull-up se conecta en el pin 5 y el led en el pin 4.

```
-----
#define HEATER_BED_PIN 1 //changed @ rkoepl 20110410
#define TEMP_BED_PIN 0 //changed @ rkoepl 20110410
#endif
#define SDPOWER -1
#define SDSS 17
#define LED_PIN 4 //changed @ rkoepl 20110410
#define FAN_PIN -1 //changed @ rkoepl 20110410
#define PS_ON_PIN -1 //changed @ rkoepl 20110410
#define KILL_PIN -1 //changed @ drakelive 20120830
//our pin for debugging.

#define DEBUG_PIN 5

//our RS485 pins
#define TX_ENABLE_PIN 11 //habilito el pin 11 como TX
#define RX_ENABLE_PIN 6 //habilito el pin 6 como RX
// por defecto tx 12 rx 13
#endif // GEN6 || GEN6_DELUXE
```

Figura 25: Designación de pines para la botonera y el led.

Fuente: Los autores

3.12.3 G-CODE

El G-Code (código G) es el lenguaje usado por máquinas de control numérico por ordenador (CNC), se guarda en formato texto desde el programa CURA donde se verifica y modifica ciertos parámetros como la velocidad, temperatura, entre otros.

Este código G indica el movimiento y las distintas operaciones que la impresora 3D debe ejecutar para la fabricación la pieza. (Ventura, 2014)

XYZ: Son los ejes de movimiento.

E: Para la extrusora.

F: La velocidad de avance.

Lista de G-code soportados por el firmware de Marlin:

Tabla 3: Códigos

Códigos usados en el Marlin	
G0	Movimiento lineal rápido
G1	Movimiento coordinado X Y Z E F
G4	Detiene la cola de comandos y espera por un período de tiempo.
G10	Retraer el filamento según los ajustes de M207
G11	Retraer el filamento según los ajustes de M208
G28	Auto inicio de todos los ejes
G90	Usar coordenadas absolutas
G91	Usar coordenadas relativas
G92	Ajusta la posición actual a las coordenadas dadas
M104	Ajusta la temperatura del extrusor
M105	Lee la temperatura actual
M17	Habilita todos los motores paso a paso
M18	Deshabilita todos los motores paso a paso; igual que M84
M92	Establece los pasos por unidad para uno o más ejes.
M140	Establezca la temperatura objetivo de la cama
M200	Configura el diámetro del filamento
M301	Establecer los valores que controlan el lazo PID para un hotend.
M302	Permitir extrusiones en frío

Fuente: <http://marlinfw.org/meta/gcode/>

3.13 MATTER CONTROL

MatterControl es un software de impresión en 3D que le permite organizar el diseño y ayuda a gestionar el proceso de impresión.

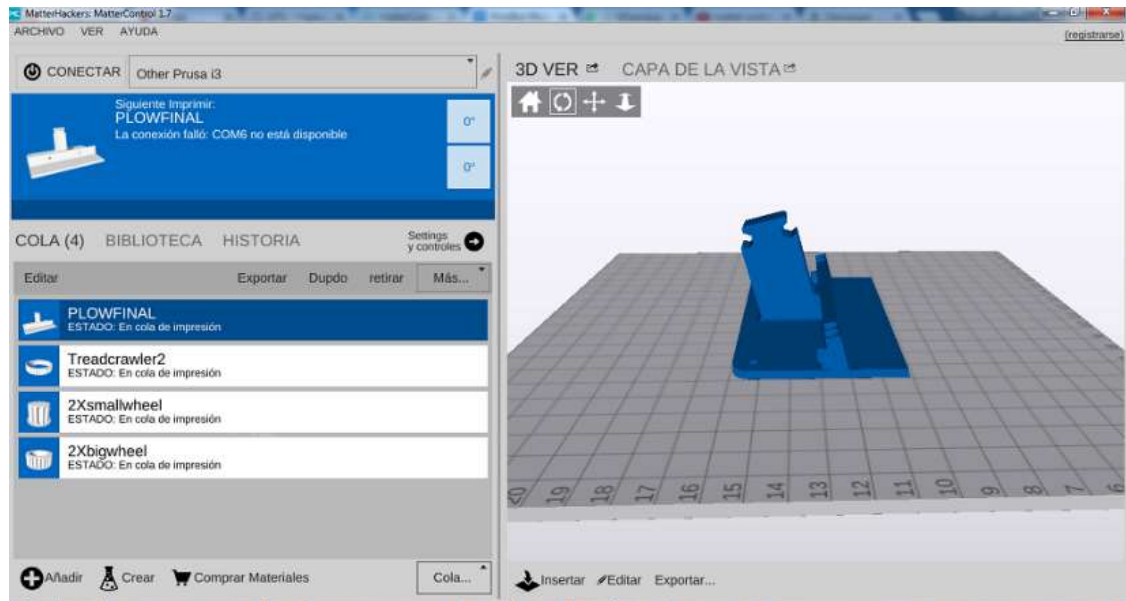


Figura 26: Entorno del MatterControl

Fuente: Los autores

MatterControl no es una herramienta de diseño general, sí incluye complementos de diseño que pueden simplificar ciertas tareas de diseño.

El programa es compatible con las siguientes extensiones: .stl, .amf y g-code.

Si el archivo está en .obj o cualquier otro tipo de archivo, se convierte el archivo a un formato STL. (Mattercontrol, s.f.)

3.13.1 Configuración del MatterControl

MatterControl viene pre-configurado con los parámetros y controladores para una serie de impresoras 3D de escritorio. Cuando se agrega una de estas impresoras 'Plug and Print' apoyado, la información como el tamaño de cama, diámetro de la boquilla, y otras características de hardware se carga automáticamente en MatterControl, lo que es mucho más fácil y más rápido para llegar a lo que realmente se quiere hacer.

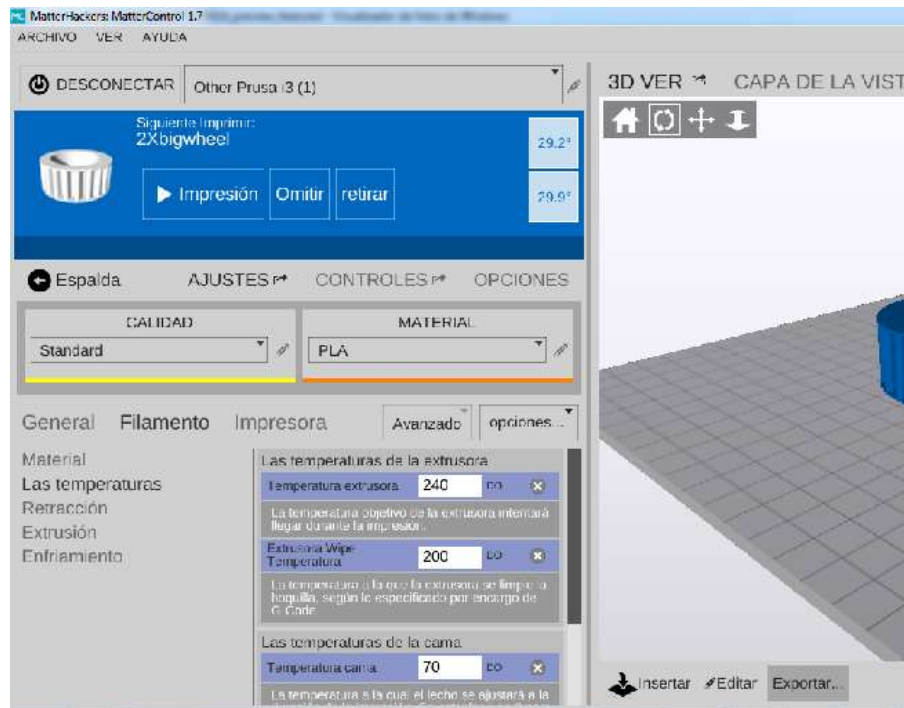


Figura 27: Configuración de la temperatura

Fuente: Los autores

En la pestaña de ajustes podemos seleccionar en filamento donde nos da la opción de cambiar la temperatura del extrusor y la cama caliente, el tipo de material que vamos a usar para imprimir.

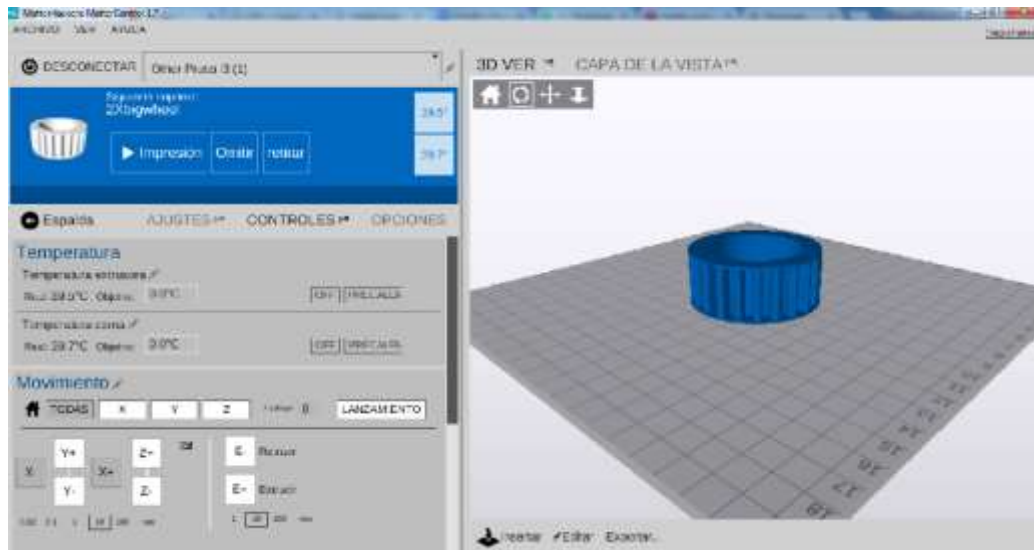


Figura 28: Controles

Fuente: Los autores

En la pestaña de controles podemos tener dominio de los motores de x, y, z y el extrusor podemos moverlos a libertad, también tenemos el control de la temperatura pudiendo dejar una temperatura fija tanto en el extrusor como la cama caliente para precalentar la impresora antes de imprimir.

3.14 TINKERCAD

Es un software gratuito online que permite diseñar o modificar un diseño.

Tinkercad tiene grandes ventajas una de ellas es compatible con todas las impresoras 3D que usen formatos STL. Se ejecuta en cualquier navegador web.

Los diseños se almacenan en la nube lo que permite un fácil acceso. (tinkercad, 2014)



Figura 29:TINKERCAD

Fuente: <https://www.tinkercad.com/>

Formas: Son bloques básicos de construcción, se puede usar distintas formas para aumentar o eliminar material, además de importar o creas sus propias formas. (tinkercad, 2014)



Figura 30: Formas Tinkercad

Fuente: <https://www.tinkercad.com/about/features>

Agrupación: Se puede agrupar un conjunto de formas creadas y construir formas complejas diseñando modelos detallados.

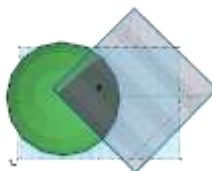


Figura 31: Agrupación Tinkercad

Fuente: <https://www.tinkercad.com/about/features>

Importación 2D y 3D: Importar y extruir diseños 3D.

3.15 123D DESIGN

123D Design es una aplicación 3D creada por Autodesk totalmente gratis es sencilla, potente y con un entorno fácil de usar, permite crear objetos en dos y tres dimensiones que pueden ser impresos en impresoras 3D, cortadores laser entre otros.

Los modelos 3D por lo general funcionan con modelos sólidos y mallas, es necesario tener bien claro la diferencia entre ambos.

123D Design sólo funciona con sólidos y mallas, y no soporta las superficies, que es lo que se obtendría al tratar de extruir, barrer o revolver un perfil abierto



Figura 32: 123D DESIGN

Fuente: Los autores

MARCO METODOLÓGICO

4.1 METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el proceso de desarrollo del proyecto de titulación, está constituida por el método inductivo, el método deductivo, método histórico.

4.1.1 Método Inductivo

Se inició el proyecto con los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria permitió ser capaces de ensamblar, programas y acoplar una comunicación inalámbrica.

4.1.2 Método Deductivo

Por medio del método deductivo se llegó a concluir que la universidad no presenta una herramienta que logre convertir diseños elaborados en un computador en algo tangible, existiendo este vacío académico se logra este prototipo que permite al estudiante que genere conocimiento en esta nueva tecnología de impresión 3D.

4.1.3 Método Histórico

Mediante el método histórico se averiguo que un proyecto anterior de este tipo de tecnología solo brindo la opción de impresión por medio de computadora generando

una limitación que fueron solventadas gracias a la conexión inalámbrica presentada en este proyecto de titulación.

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2.1 Práctica 1

		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS SEDE GUAYAQUIL
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA	
PRÁCTICA	#1	
TEMA	Imprimir un diseño 3D desde un computador.	

1. Tema

Imprimir un diseño 3D desde un computador.

2. Objetivos

- Uso de la biblioteca virtual “Thingiverse”.
- Entender el funcionamiento del programa de modelado 3D “123D Desing”
- Corregir falla en las mallas con Meshmixer.
- Configurar los parámetros requeridos en el MatterControl para una correcta impresión.

3. Recursos utilizados

- Impresora Prusa I3 X
- Filamento PLA
- Laptop
- Cable USB
- Thingiverse (biblioteca de diseños 3D)
- 123D Desing
- Programa Meshmixer

- Matter Control

4. Marco Procedimental

Biblioteca virtual Thingiverse

El diseño 3D puede ser elaborado o descargado desde cualquier repositorio web, en este caso se utilizará un diseño descargado de Thingiverse con extensión STL.

Ingresa por medio del siguiente link:

<https://www.thingiverse.com/>

Para registrarse crear un usuario y contraseña.



Figura 33: Thingiverse página inicio

Fuente: <https://www.thingiverse.com/>

Al entrar en el portal web buscar el diseño llamado “Universidad Politécnica Salesiana Logo”, hacer clic en *Download all files* se descargará en la computadora.



Figura 34: Diseño de Thingiverse

Fuente : <https://www.thingiverse.com/thing:2435438/#files>

Programa de modelado 3D “123D Desing”

Es un programa creado por autodesk totalmente gratuito y con un entorno intuitivo de manejar.

Luego que se descargó el diseño, ir al programa 123D Design que permite hacer todo tipo de modificaciones 3D y también crear diseños desde cero.



Figura 35: Bienvenida programa 123D Design

Fuente: 2015 Autodesk

Dentro del programa ir Abrir, luego examinar buscar el diseño en la computadora.

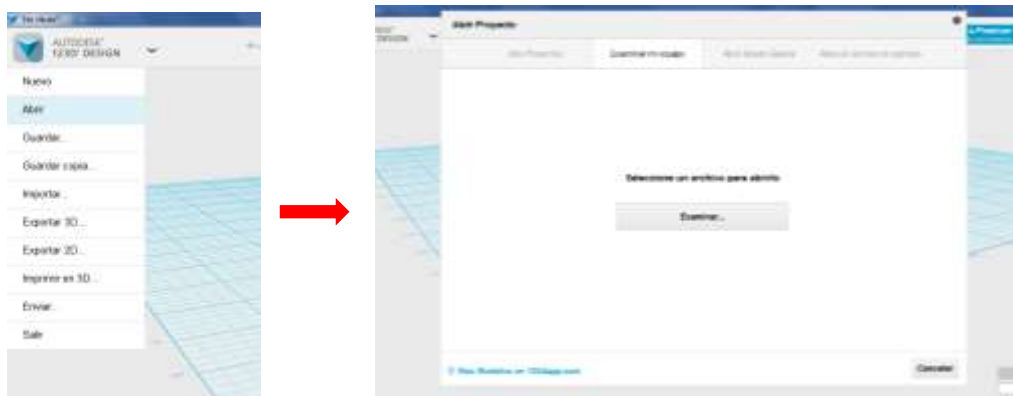


Figura 36: Abrir un diseño

Fuente: Los autores

Se muestra el diseño “Universidad Politécnica Salesiana Logo”, en la barra inferior presenta opciones como mover, escala inteligente, escala, elegir un material, exportar, enviar a Meshmixer, entre otros.

Con el uso de la barra superior y lateral se puede modificar cualquier tipo de diseño en formato 3D y 2D.

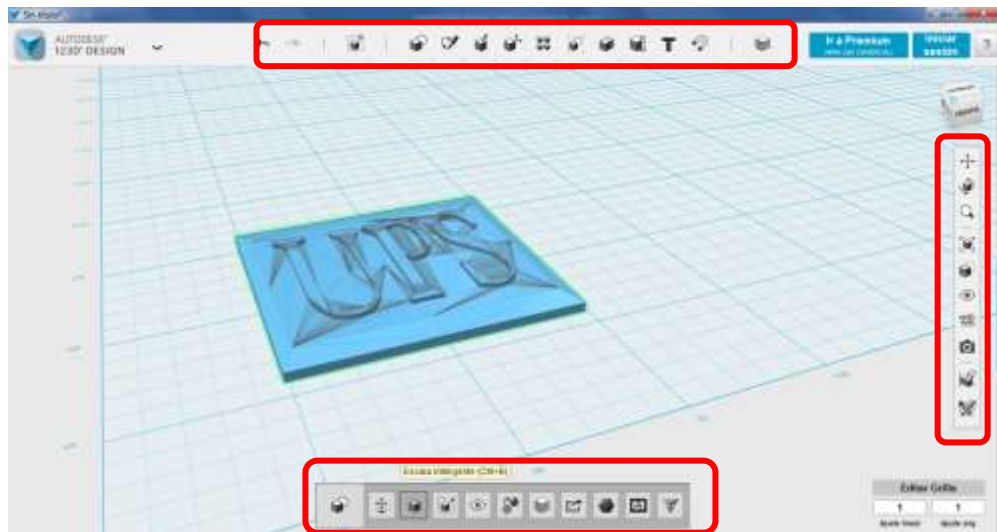


Figura 37: Diseño “Universidad Politécnica Salesiana Logo”

Fuente: Los autores

En este caso no se realizará ninguna modificación lo dejaremos así.

Lo que si se verificará será que no exista ningún problema en las mallas del diseño. Porque esto generaría una mala impresión de la pieza.

Esto lo harán con ayuda del programa “Meshmixer”, se encuentra en la barra inferior.

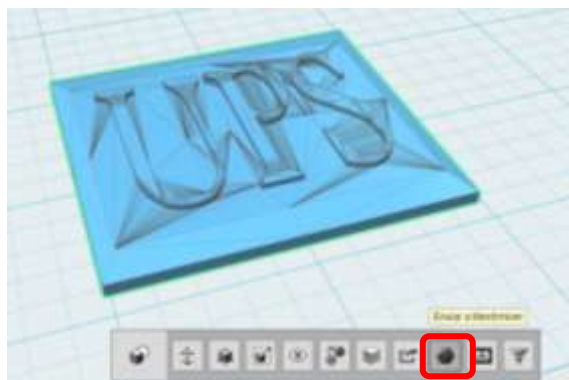


Figura 38: Enviar a Meshmixer

Fuente: Los autores

Programa corrector de mallas “Meshmixer”

Programa creado por Autodesk gratuito permite corregir los errores en las mallas, modelar, esculpir, analizar un archivo STL.

Descargar en la siguiente ruta:

<http://www.meshmixer.com/>

Al hacer clic en enviar a Meshmixer, desde 123D Desing directamente carga el diseño al programa.

En la barra lateral izquierda se encuentra varias opciones a elegir, dependiendo del requerimiento del usuario.

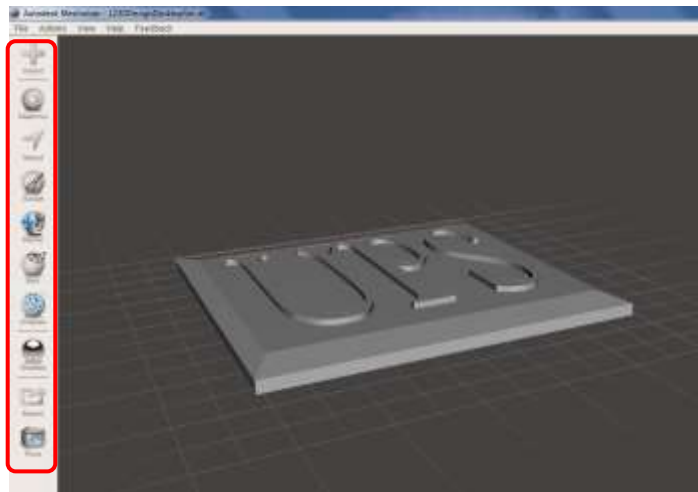


Figura 39 : Meshmixer

Fuente: Los autores

Ahora nos centraremos en corregir algún defecto en las mallas del diseño. Seleccionar en la barra lateral izquierda *Analysis*, se desplazará distintas opciones, pero para este caso elegir *Inspector*, que realizará un análisis completo de la pieza.

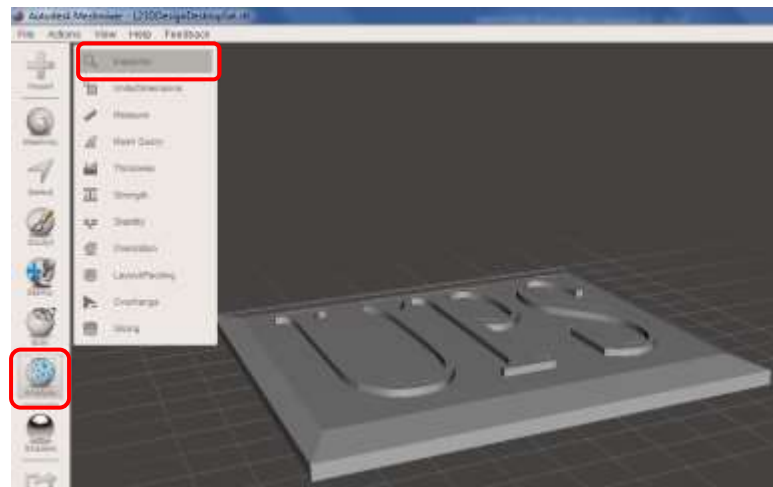


Figura 40: Analizar con el inspector

Fuente: Los autores

En el caso de existir algún problema en la malla el inspector resaltará todos los problemas con indicadores de colores.

- El color azul representa agujeros en la malla.
- Los puntos rojos indica que el área es no-múltiple, esto quiere decir que hay más de dos triángulos conectados.
- Los puntos magenta señalan los elementos desconectados en un área pequeña haciendo una relación con toda la malla.

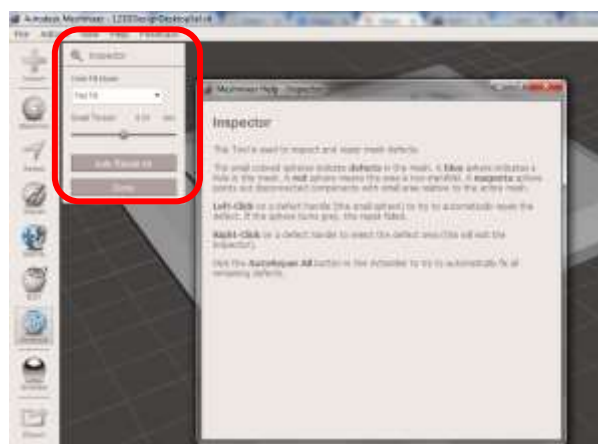


Figura 41: Indicador de errores con colores

Fuente: Los autores

En el panel de propiedad de Inspector existe distintos tipos de rellenos a elegir entre ellos, el smooth fill que es un relleno liso, flat fill que es un relleno plano y minimal fill que es un relleno mínimo. El proceso se puede hacer forma manual o de forma automática haciendo clic en *Auto Repair All*.

Ya reparado el diseño proceder a importar, dirigirse a file, luego export y se guardará en el mismo formato STL.

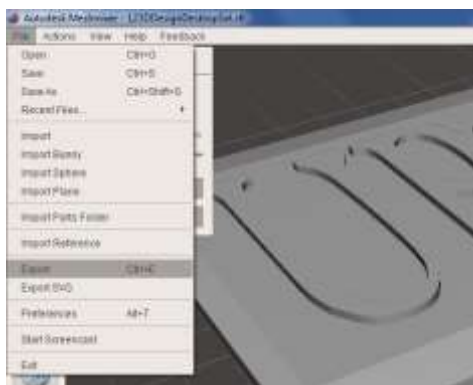


Figura 42: Exportar diseño para imprimir

Fuente: Los autores

Ahora será necesario un programa que maneje códigos tipo G, que es el lenguaje que entiende la impresora 3D en este caso se hará uso del programa MatterControl.

Programa MatterControl

Este programa se comunica directamente con la impresora, los diseños en formato STL los convierte en G-CODE.

Seleccione la descarga de acuerdo a su sistema operativo (Windows / Mac / Linux).

Descargar en la siguiente ruta:

<http://www.mattercontrol.com/>

Conecte el cable usb de la impresora a la computadora, seleccione 'Iniciar MatterControl'.

En el programa vamos Archivo – añadir impresora, y elegimos el modelo Prusa I3.

Seleccione la velocidad de transmisión específica para el tipo de impresora. (Sugerencia: 115200 baudios).



Figura 43: Impresora Prusa I3 X

Fuente: Los autores

Para completar el proceso de conexión, seleccione "Conectar" en la esquina superior izquierda.

Ajustes en el MatterControl

Se debe realizar ajustes dentro del programa para una óptima impresión.

Elegir calidad y el tipo de material que en este caso es el PLA.

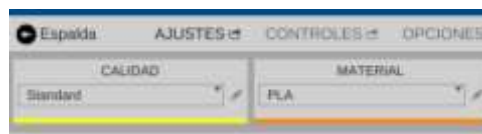


Figura 44: Elegir calidad y material

Fuente: Los autores

Dirigirse a la pestaña ajustes, en general se designa la altura de las capas, relleno, balsa y apoyo. En impresora visualiza la velocidad de transmisión y el nombre de la impresora elegida.



Figura 45: Pestaña ajustes en MatterControl

Fuente: Los autores

En la pestaña controles el usuario define la temperatura del extrusor y la base, movimientos en los distintos ejes X, Y, Z. Además, puede extraer y retraer el extrusor la distancia que desee. La temperatura de la base es de 70° y del extrusor 220°.



Figura 46: Modifica temperatura y distancia de ejes

Fuente: Los autores

Ahora hacer clic en imprimir y el proceso de impresión dará inicio.

4.2.2 Práctica 2

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS SEDE GUAYAQUIL
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PRÁCTICA	#2
TEMA	Manejo de la aplicación en App Inventor

1. Tema

Manejo de la aplicación en App Inventor

2. Objetivos

- Utilizar el entorno App inventor desde la web.
- Descargar el APK de modo online.
- Configuración del bloque para poder imprimir por medio de la aplicación.

3. Recursos utilizados

- Impresora Prusa I3 X
- Filamento PLA
- Laptop
- Cable USB
- Thingiverse
- MatterControl
- Entorno App Inventor
- Tarjeta SD
- Aplicación MIT AI2 Companion

4. Marco Procedimental

Se hará uso del diseño de la practica # 1, llamado “Universidad Politécnica Salesiana Logo”. Recordemos que este se cargó al MatterControl convirtiendo el archivo STL a una extensión G-CODE.

Estos códigos G es el lenguaje que la impresora necesita para imprimir.

Dirigirse a exportar como G-code y guardarlo en la tarjeta SD, ubicar la tarjeta SD en la impresora.

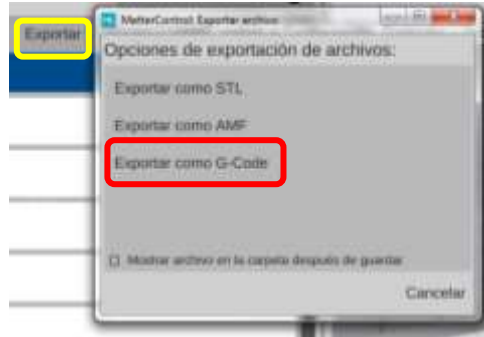


Figura 47: Exportar G-CODE

Fuente: Los autores

No olvidar de conectar la impresora a la computadora por medio del cable USB, es preferible guardar el documento con un nombre corto en este caso elegimos UPS2.

Para consultar el nombre en la tarjeta SD en el MatterControl vamos a la pestaña ver y seleccionamos la opción terminal. Se mostrará una ventana como en la imagen inferior.

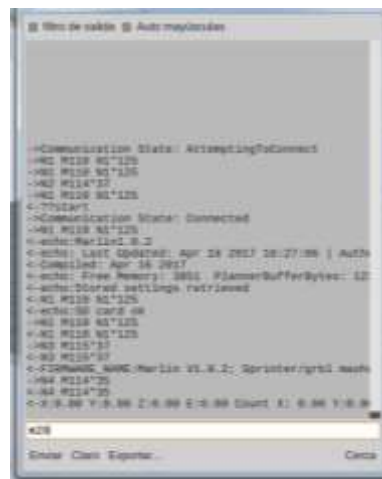
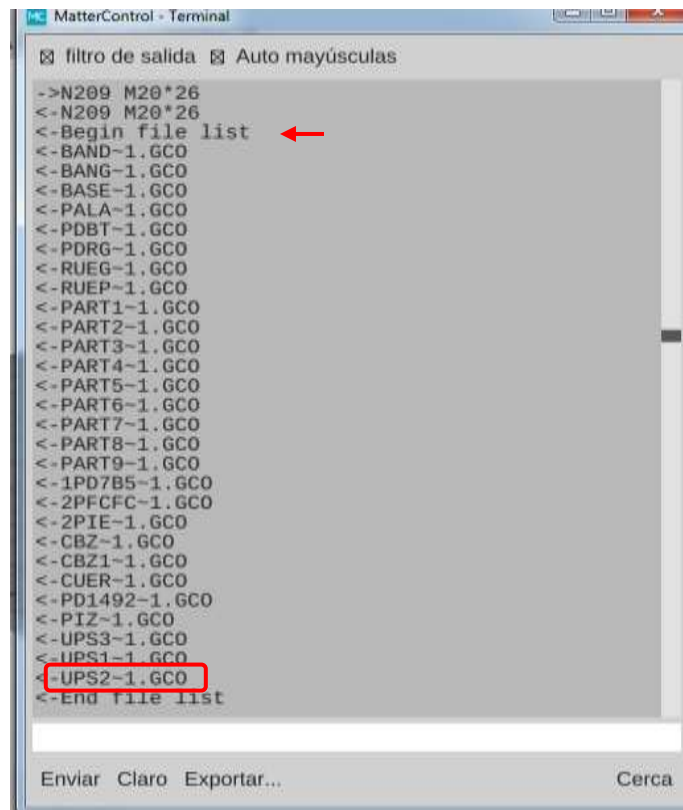


Figura 48: Terminal

Fuente: Los autores

Ingresar el comando M20 mostrará los archivos almacenados en la tarjeta SD. Cuando se ve “begin file list”, muestra el listado de archivos almacenados buscar el llamado UPS2



```
MatterControl - Terminal
[ ] filtro de salida [x] Auto mayúsculas
->N209 M20*26
<-N209 M20*26
<-Begin file list
<-BAND-1.GCO
<-BANG-1.GCO
<-BASE-1.GCO
<-PALA-1.GCO
<-PDBT-1.GCO
<-PDRG-1.GCO
<-RUEG-1.GCO
<-RUEP-1.GCO
<-PART1-1.GCO
<-PART2-1.GCO
<-PART3-1.GCO
<-PART4-1.GCO
<-PART5-1.GCO
<-PART6-1.GCO
<-PART7-1.GCO
<-PART8-1.GCO
<-PART9-1.GCO
<-1PD7B5-1.GCO
<-2PFCFC-1.GCO
<-2PIE-1.GCO
<-CBZ-1.GCO
<-CBZ1-1.GCO
<-CUER-1.GCO
<-PD1492-1.GCO
<-PIZ-1.GCO
<-UPS3-1.GCO
<-UPS1-1.GCO
<-UPS2-1.GCO
<-End file list

Enviar Claro Exportar... Cerca
```

Figura 49: UPS2

Fuente: Los autores

Luego que se sabe cómo se llama el archivo se dirige hacia el App Inventor.

Siguiente Enlace:

<http://ai2.appinventor.mit.edu/>

Se encuentra el archivo fuente ya cargado solo debe ser editado, ir a la pantalla “logosups”.

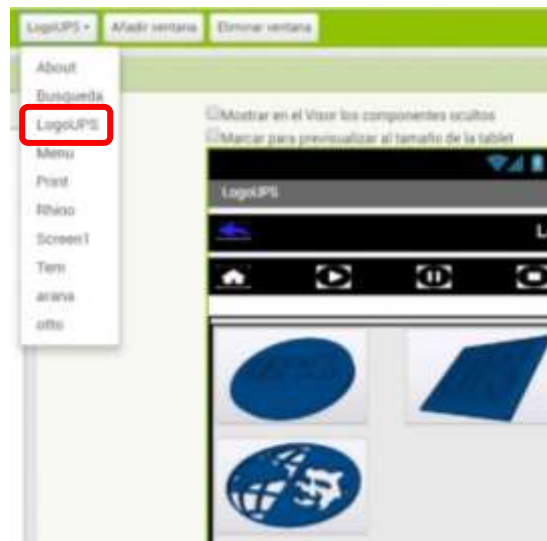


Figura 50: LogoUps

Fuente: Los autores

Después de estar en la pantalla logos ups se dirigen al botón parte 4 y marcamos el recuadro para que sea visible como se muestra en la imagen

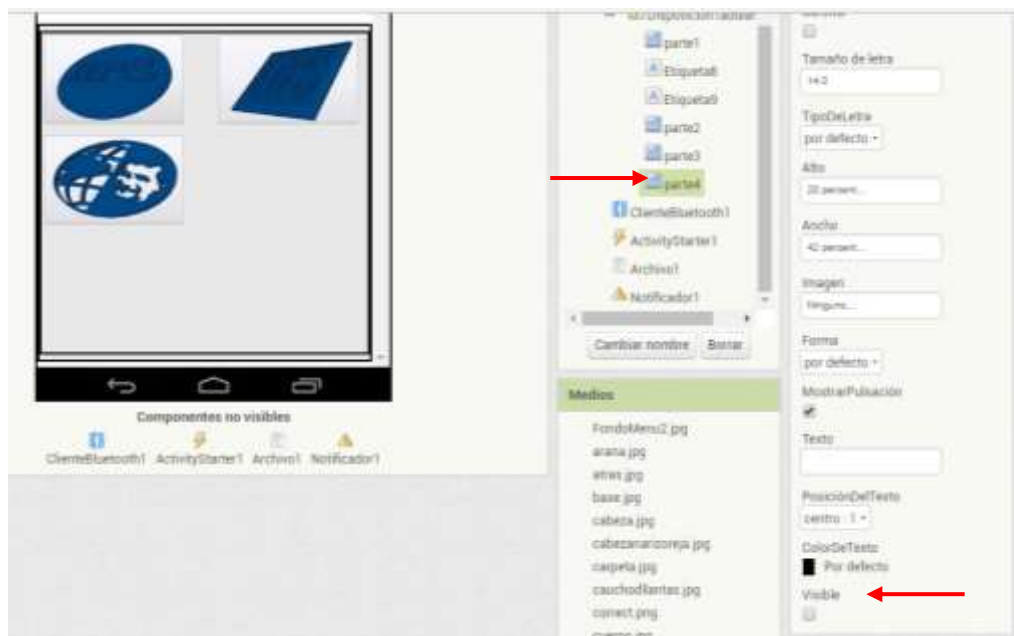


Figura 51: Entorno gráfico

Fuente: Los autores

Cuando el botón está visible se dirige hacia la parte de programación de bloques.

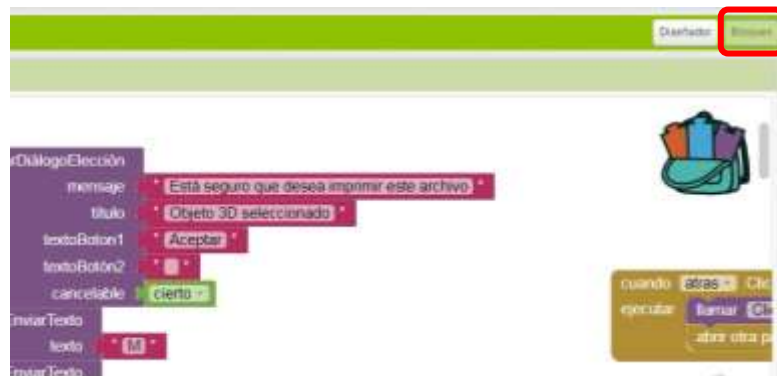


Figura 52: Programación de bloques

Fuente: Los autores

Dentro del entorno de programación por bloque, buscar el bloque que dice parte 4, en esta parte solo se debe adicionar las letras con que se guardó el diseño en extensión G-CODE que es *UPS2*, estas letras se ubicarían en el espacio vacío.

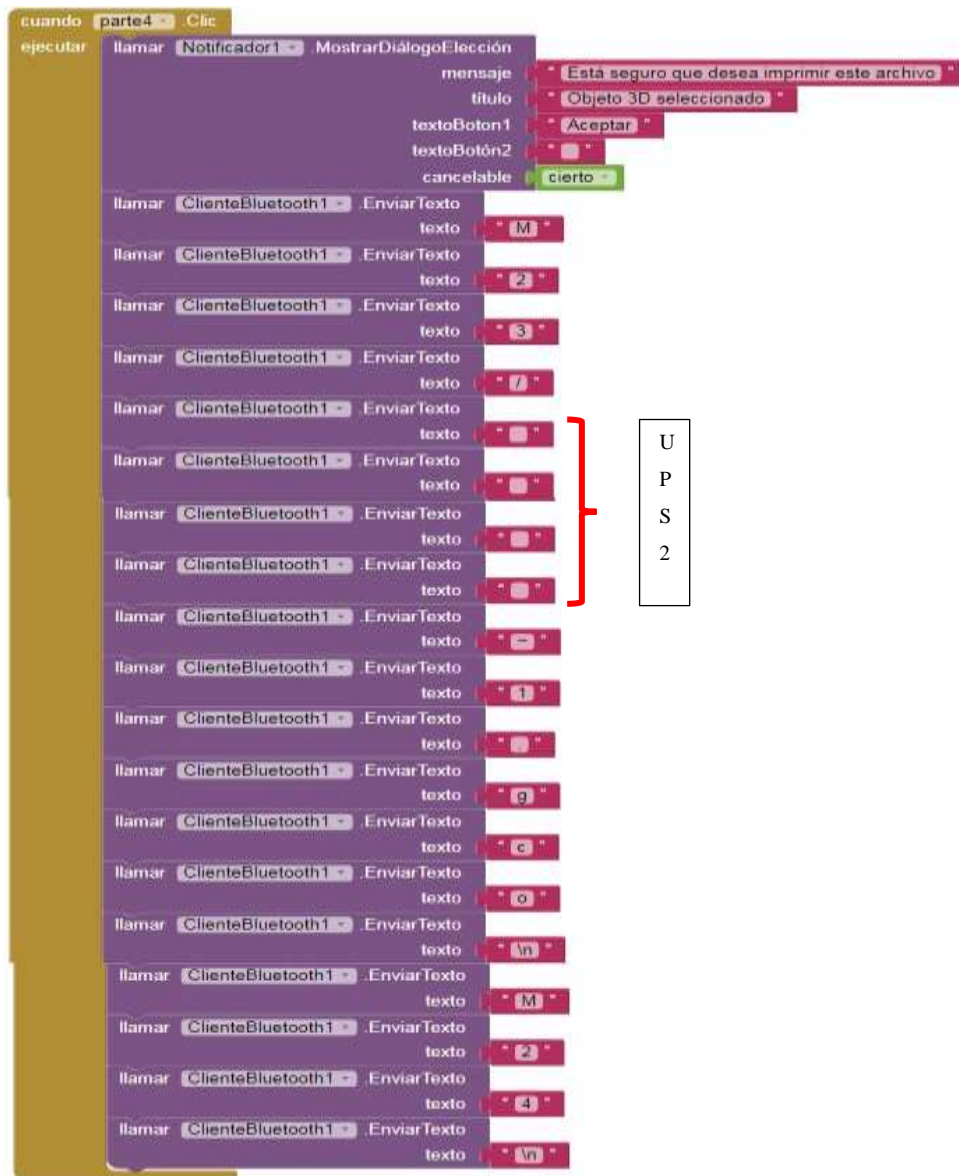


Figura 53: Programación de bloque UPS2

Fuente: Los autores

Terminado de editar el App se dirige a generar dar clic a la pestaña generar código QR para el archivo apk.



Figura 54: Generar código QR

Fuente: Los autores

Se genera el código apk aparecerá esta imagen para que pueda descargarlo al Smartphone.



Figura 55: Código APK

Fuente: Los autores

Para poder descargarlo se debe de bajar de la app store la aplicación MIT AI2 Companion se pone scan QR code y espera unos segundos y el archivo se descargará de forma online



Figura 56: Aplicación MIT AI2 Companion

Fuente: Los autores

También puede realizar la prueba online seleccionando la siguiente pestaña

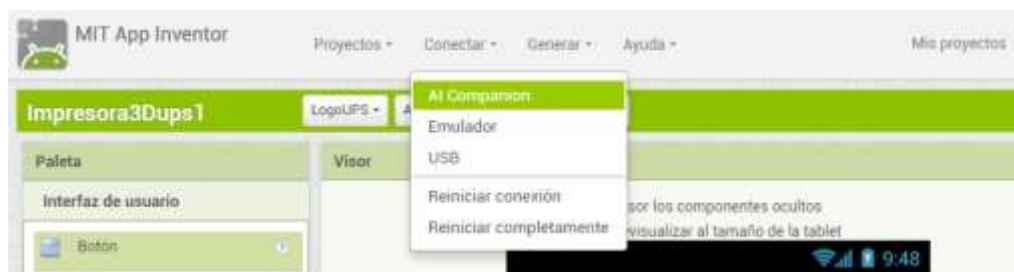


Figura 57: Emulador

Fuente: Los autores

Una vez que esta seleccionada aparecerá un código QR para que pueda usar la app de forma online y pueda visualizar los cambios que se realizan en el entorno de app inventor



Figura 58: Código QR

Fuente: Los autores

Una vez que se escanee el código con el mit ai2 podrá controlar de forma online la impresora desde su Smartphone y podrá realizar la impresión de este modo o el anterior.

4.2.3 Práctica 3

		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS SEDE GUAYAQUIL
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA	
PRÁCTICA	#3	
TEMA	Impresión desde el celular por medio de la aplicación Print 3D	

1. Tema

Impresión desde el celular por medio de la aplicación Print 3D.

2. Objetivos

- Conectar de forma inalámbrica el celular con la impresora 3D.
- Verificar que exista comunicación entre el modulo bluetooth y el celular.
- Utilizar el celular para imprimir un objeto en 3D.

3. Recursos utilizados

- Impresora Prusa I3 X
- Filamento PLA
- App Print 3D
- Celular con sistema android

4. Marco Procedimental

Para esta práctica utilizaremos la aplicación Print 3D, el icono se mostrará con la siguiente figura.



Figura 59: Print- 3D

Fuente: Los autores

Activar el bluetooth del Smartphone y abrir la aplicación se mostrará una ventana de bienvenida. Que indica ir al menú principal.



Figura 60: Pantalla de inicio vista desde el celular

Fuente: Los autores

Dentro del menú principal se muestran varias opciones.



Figura 61: Menú opciones visto desde el celular

Fuente: Los autores

Dirigirse a la que dice Galería 3D que es donde se guarda los diseños listos para imprimir. Pero ahora hay que elegir la carpeta logo ups.



Figura 62: Galería 3D vista desde el celular

Fuente: Los autores

Antes de ingresar a logo ups se debe encender la comunicación inalámbrica de la impresora, una vez que se encienda el led nos confirma que se puede establecer la conexión inalámbrica como se mostrara en la siguiente figura.



Figura 63: Comunicación inalámbrica

Fuente: Los autores

Una vez que este establecida la comunicación procedemos a ingresar a la siguiente pantalla, donde se podrá visualizar los archivos de cual elegiremos el señalado en la imagen “UPS2”.

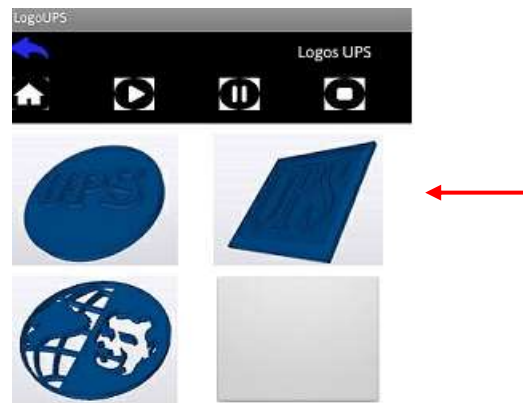


Figura 64: UPS2 visto desde el celular

Fuente: Los autores

Una vez seleccionada la imagen dará inicio al proceso de impresión.



Figura 65: Objeto seleccionado para imprimir

Fuente: Los autores

Al dar aceptar solo esperamos que la impresora comience a precalentar antes de imprimir, esto demorara varios minutos antes que comience a ejecutar la acción.

Inicia el proceso de impresión.

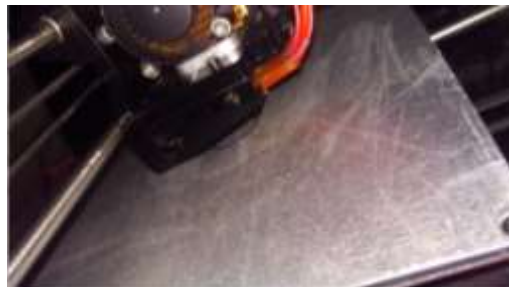


Figura 66: Inicio de la impresión

Fuente: Los autores

IMPACTO

El impacto obtenido mediante la Implementación de un prototipo de impresora 3D controlado inalámbricamente por Bluetooth mediante una plataforma Android es poder generar conocimientos en este tipo de tecnología, permitiendo al estudiante y docente crear sus propios diseños con las características que ellos deseen tomando en cuenta el tipo de material a usarse y las dimensiones de la impresora.

Con el proyecto de titulación logrado, sentamos un precedente de innovación en la tecnología de prototipado rápido, la que por medio de capas aditivas convierte diseños tridimensionales en piezas plásticas de calidad.

Permitiendo al área de ingeniería tener una impresora 3D que optimizará costos de producción, tiempo de elaboración, el uso de software libre permite trabajar con mayor libertad, evitando las limitantes que presenta el uso de software licenciados.

La aplicación creada en el entorno de App Inventor genera una gran ventaja de uso permitiendo manejar la impresora 3D desde un celular, demostrando que adecuando físicamente la impresora y haciendo los ajustes necesarios en la programación es posible realizar esta acción por comunicación bluetooth.

FUNCIONALIDAD

El prototipo está diseñado para ser usado en el área estudiantil, como instrumento de aprendizaje en la materia de teoría del diseño y el club de robótica, permitiendo al estudiante explotar sus conocimientos aprendidos en el transcurso de la carrera.

Entre las ventajas que otorga el proyecto está la elaboración de diseños que cumplan con características específicas optimizando recursos económicos y de tiempo, el uso de software libre que brinda la libertad de modificación al código del programa adaptándolo a las necesidades del programador.

El uso de programas de diseño 3D con un entorno sencillo de manejar y de licencia libre facilita el aprendizaje. El uso de programa de corte como MatterControl que soporta una gran variedad de modelos de impresora lo hace perfecto para cualquier tipo de proyecto.

Se hace uso de la plataforma de App Inventor para diseñar una aplicación para el sistema android que permita manejar de forma remota la impresora, logrando mover los ejes, calentar el extrusor o la base, imprimir un diseño 3D ya cargado de forma previa en tarjeta SD. Todas estas acciones también se pueden realizar desde un computador conectando por cable USB a la impresora.

En la parte física del prototipo se realizó adaptaciones, se instaló un módulo bluetooth, además se añadió un led y un switch on/off, para de esta forma al poner el switch en on se da paso a la comunicación bluetooth con el celular cuando se enciende el led es señal de que existe comunicación y en ese momento ya podemos hacer uso de la aplicación celular.

Dentro de las múltiples áreas que hacen uso de la impresora 3D una que está innovando es la medicina eligiendo métodos que permiten al paciente dar una mejor calidad de vida en el momento de una fractura, por ello en este proyecto se elaboró férulas de esta forma el prototipo deja un camino para futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

- Se ensablo un prototipo de impresora 3D para el diseño de piezas plásticas, por medio del uso de software libre, optimizando tiempo de elaboración y dinero en el proceso constructivo.
- Se adaptó un módulo vía bluetooth al prototipo que permitió controlar inalámbricamente la impresora.
- Se desarrolló una aplicación en App Inventor.
- Se puede manejar el proceso de impresión por medio de un cable USB.
- Se configuro el programa de open source llamado MatterControl para el control de la impresión 3D.
- Se logró obtener diseños 3D usando filamento PLA, que es creado a base de materiales reciclados y no genera olores tóxicos.
- Gracias al uso de programas de código abierto permiten trabajar de forma libre evitando las limitantes que genera costear una licencia de un programa.
- El control de la impresora se fundamenta en la tarjeta Arduino mega 2560 y ramps 1.4, debido al bajo precio y una programación no complicada resulta excelente para el proyecto.
- Para el diseño de las piezas se eligió aplicaciones con un entorno intuitivo que permita que el diseñador se sienta cómodo y pueda empezar a diseñar sin problemas. Además, también se hace uso de bibliotecas online donde se puede descargar diseños elaborados y realizar algún cambio según el de cada usuario.

RECOMENDACIONES

- Se debe elegir diseños que se encuentren dentro de la capacidad de impresión del modelo Geeetech Prusa I3 X
- Antes de enviar a imprimir una pieza por medio de la aplicación verificar que la impresora se esté comunicando con el celular.
- La aplicación en App Inventor tiene una capacidad máxima de optima funcionalidad de 10 megas, al sobrepasar esta capacidad el programa comienza a generar problemas en su funcionamiento.
- Al sacar de su envoltura los rollos de filamento PLA o Ninjaflex para hacer uso de ellos, tener la precaución que luego de utilizarlos guardar dentro de un envoltorio que lo libre de la humedad y del polvo, porque estos factores deterioran el filamento.
- Hacer uso de fijador de cabello para que la pieza se adhiera a la base y no se genere el efecto warping (cuando la pieza se levanta de la base).
- Todo diseños realizado o descargado de la web se debe pasar el programa corrector de mallas para evitar problemas de impresión.
- Al elegir la cantidad de relleno de la pieza a imprimir tomar en cuenta que mientras más relleno se le entregue mayor resistencia tendrá la pieza y mayor tiempo demorará en imprimir.
- Verificar que el filamento haya entrado de forma correcta en el extrusor.
- Evitar mover el prototipo de forma brusca porque se desnivela la base.
- Para un correcto uso del prototipo se recomienda revisar el manual de usuario.

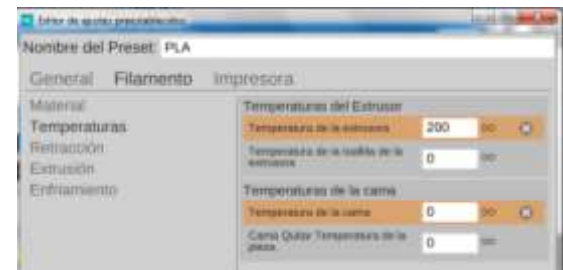
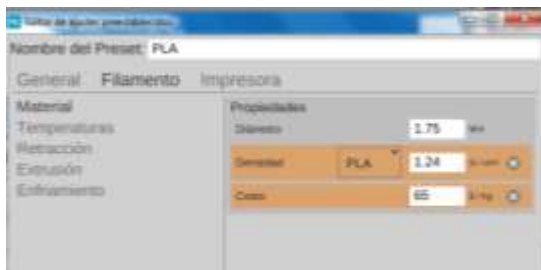
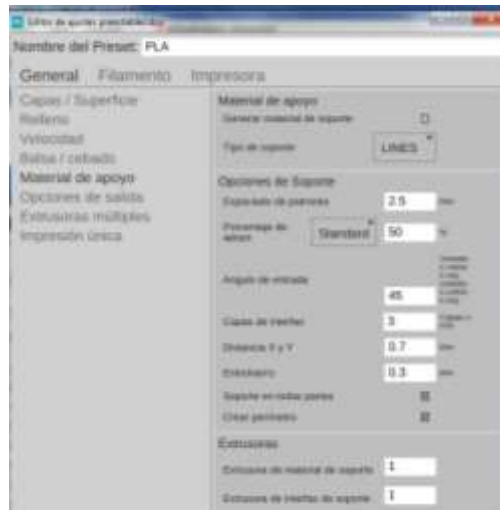
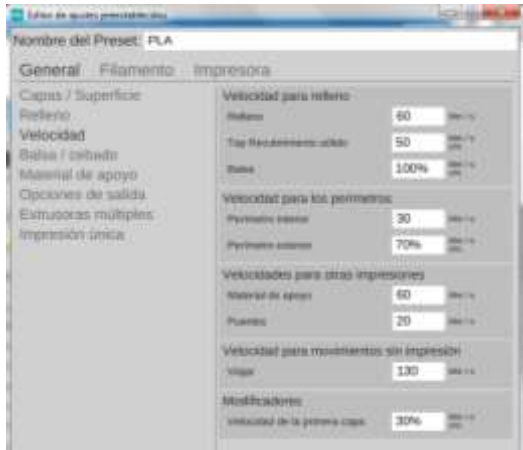
REFERENCIAS

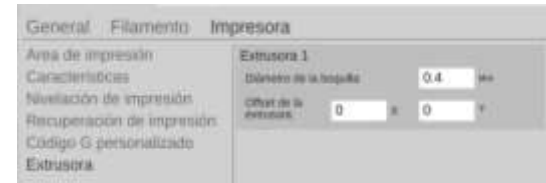
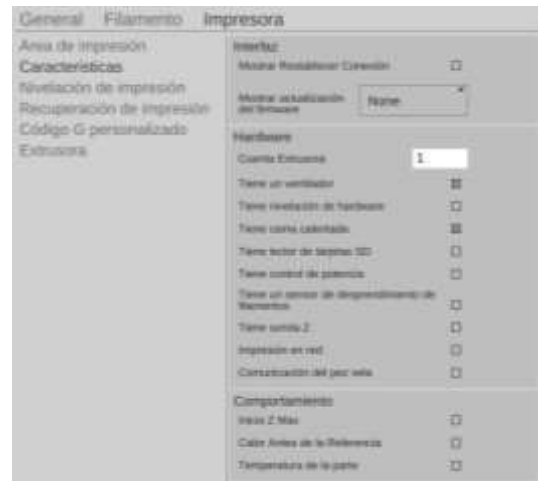
- Aguilera, A. (1 de Septiembre de 2015). *Que es app inventor*. Obtenido de qtsappinventor: <http://qtsappinventor.blogspot.com/2015/09/que-es-app-inventor.html>
- Arduino. (2017). *Arduino Mega 2560* . Obtenido de Arduino: <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardMega2560#>
- De la Peña, S. (3 de Junio de 2014). Diseño del prototipo de un kit de impresora 3D. Barcelona, Catalunya, España.
- DESING, I. (s.f.). Introduction to 123D Design. *Introduction to 123D Design*.
- Digital, F. (s.f). *Cómo controlar un motor paso a paso con el driver A4988 de Pololu y Arduino*. Obtenido de Fabrica Digital: <https://fabricadigital.org/leccion/como-controlar-un-motor-paso-a-paso-con-el-driver-a4988-de-pololu-y-arduino/>
- Diosdado, R. (s.f). *Electrónica de la impresora 3D*. Obtenido de zonamaker: <https://www.zonamaker.com/impresion-3d/crea-impresora/3-electronica-crea-imp>
- El Telégrafo. (9 de Diciembre de 2016). *Invento ecuatoriano es el mejor de América Latina*. Obtenido de El Telégrafo: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/4/proyecto-ecuatoraino-handeyes-gano-concurso-internacional-de-history-channel>
- Escobar, C. (2 de Septiembre de 2016). *TIPOS DE IMPRESORAS 3D*. Obtenido de Impresoras3d: <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102883975-tipos-de-impresoras-3d>
- Llamas, L. (26 de Agosto de 2016). *MOTORES PASO A PASO CON ARDUINO Y DRIVER A4988 O DRV8825*. Obtenido de Luisllamas: <https://www.luisllamas.es/motores-paso-paso-arduino-driver-a4988-drv8825/>
- Mario. (20 de Noviembre de 2011). *Módulo Bluetooth HC-06 (Android)*. Obtenido de NEOTEO: <http://www.neoteo.com/modulo-bluetooth-hc-06-android/>

- Mattercontrol. (s.f.). *Mattercontrol*. Obtenido de Mattercontrol:
<http://www.mattercontrol.com/#jumpMatterControlDownloads>
- naylampmechatronics. (s.f.). *Módulo Bluetooth HC06*. Obtenido de
naylampmechatronics:
<http://www.naylampmechatronics.com/inalambrico/24-hc06-modulo-bluetooth.html>
- Sais3d. (s.f.). *PRUSA I3X*. Obtenido de Sais3d:
<http://www.sais3d.com/producto/prusa-i3x/>
- Sánchez Jiménez, J., Fernández de la Puente, A., & Llorente Geniz, J. (s.f.). *Técnicas de Prototipado Rápido*. Obtenido de Universidad de Sevilla España:
<http://www.egrafica.unizar.es/Ingegraf/pdf/Comunicacion17068.pdf>
- Sierra, R. (12 de Febrero de 2015). *Cómo instalar la cama caliente en tu impresora 3D Prusa i3*. Obtenido de mibqyyo:
http://www.mibqyyo.com/articulos/2015/02/12/instalacion-cama-caliente-impresora-3d-prusa-i3/#/vanilla/discussion/embed/?vanilla_discussion_id=0
- stratasys. (s.f.). *prototipado rápido*. Obtenido de stratasys:
<http://www.stratasys.com/es/resources/rapid-prototyping>
- tinkercad. (2014). *tinkercad*. Obtenido de tinkercad: <https://www.tinkercad.com>
- Ventura, V. (3 de Diciembre de 2014). *¿Qué es G-Code?* Obtenido de Polaridad.es:
<https://polaridad.es/que-es-g-code/>

ANEXOS

Anexo 1: Configuración avanzada del MatterControl práctica 1



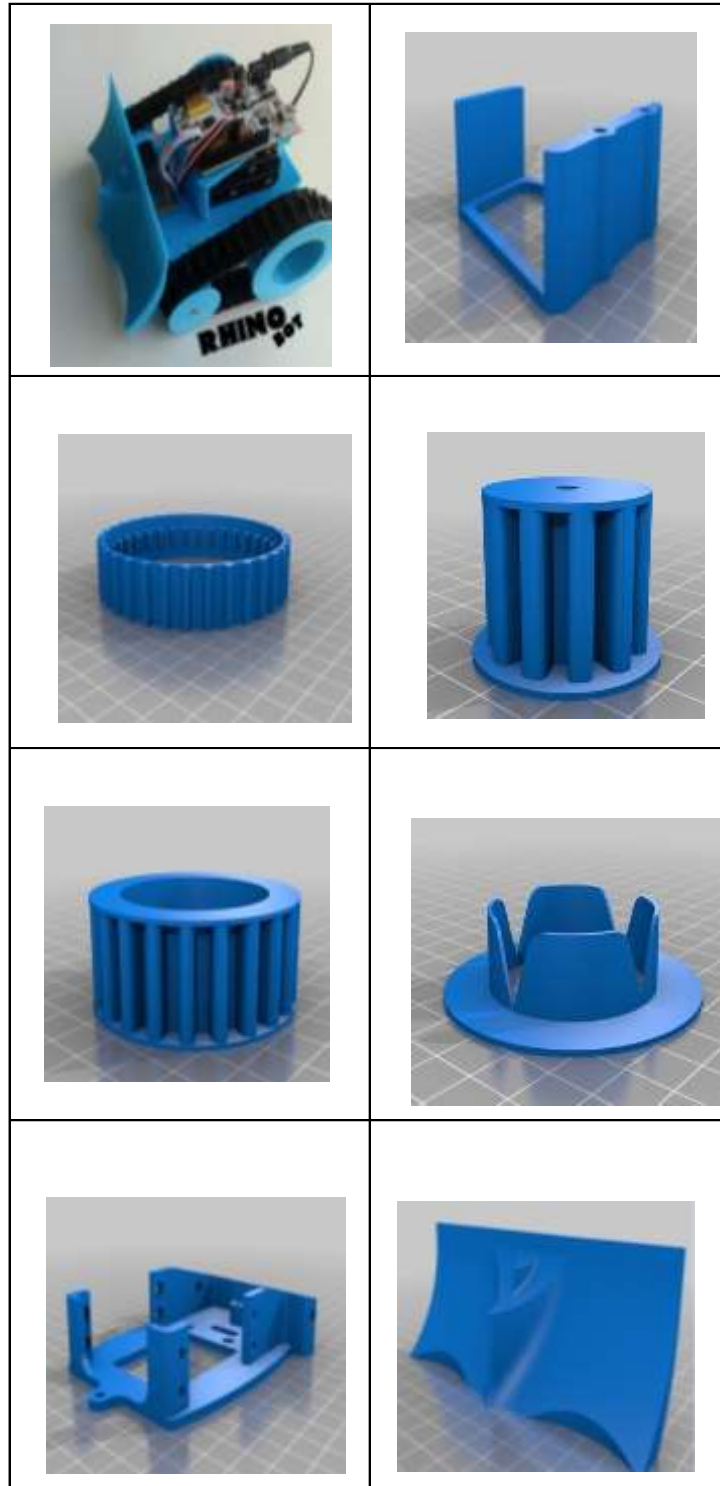


Anexo 2: Diagrama de bloques en la plataforma App Inventor para la práctica 2



Anexo 3: Banco de piezas cargadas en la aplicación.

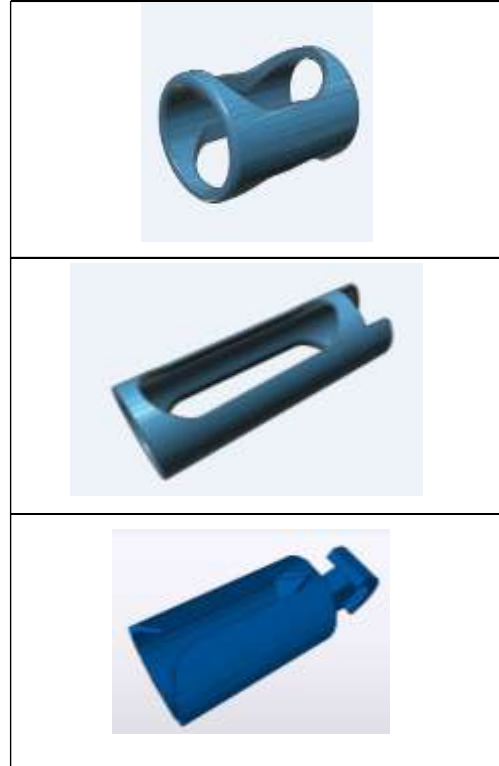
- Pestaña llamada Rhino Bot consta de siete piezas para la construcción del robot.



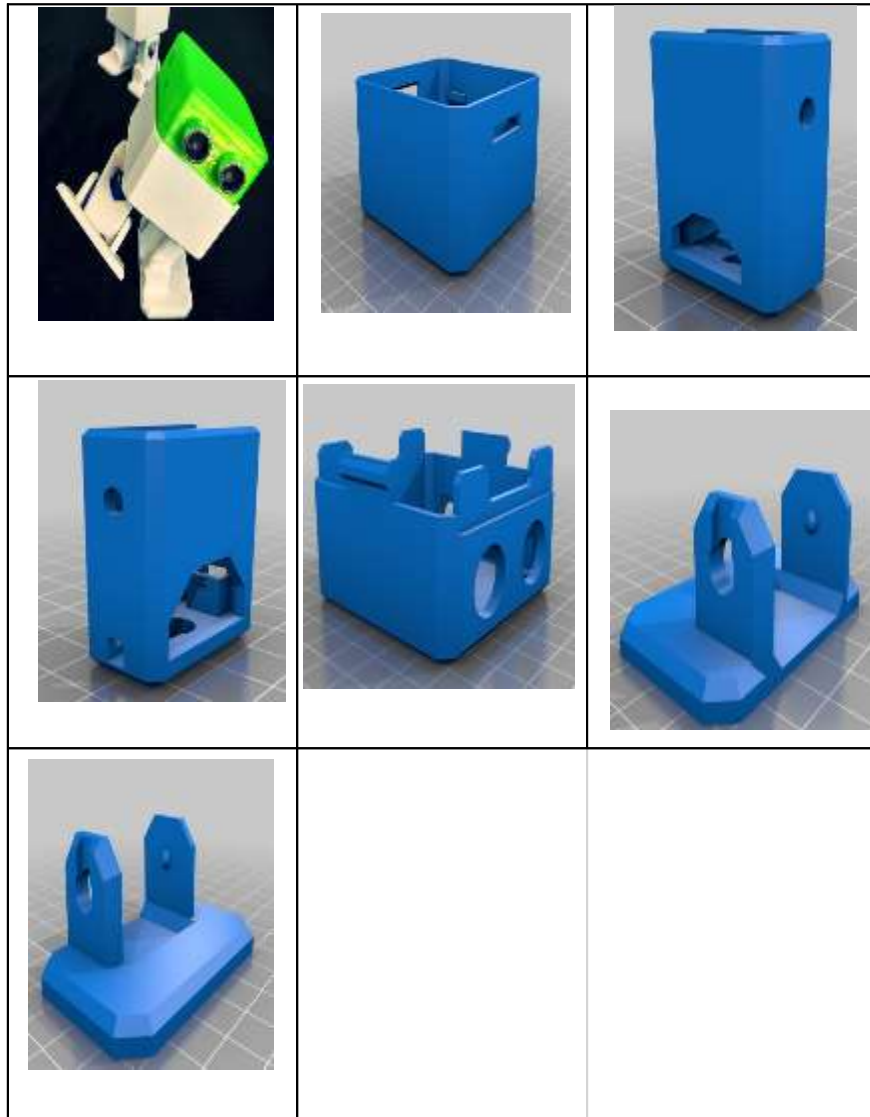
- Pestaña llamada Logo Ups consta de tres piezas independientes.



- Pestaña llamada Férula consta de tres piezas independientes.



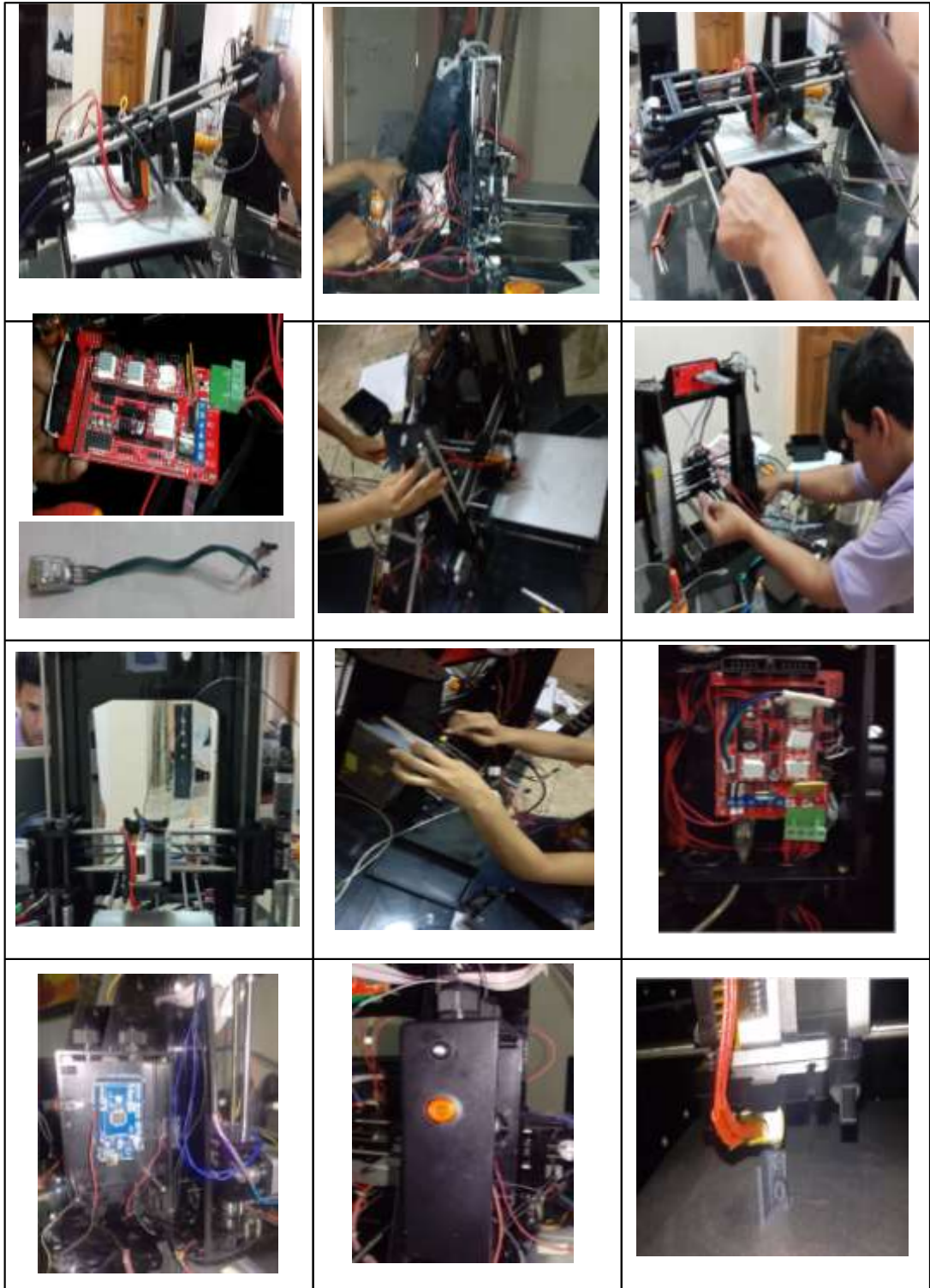
- Pestaña llamada Otto consta de seis piezas para la construcción del robot.



Anexo 4: Piezas impresas



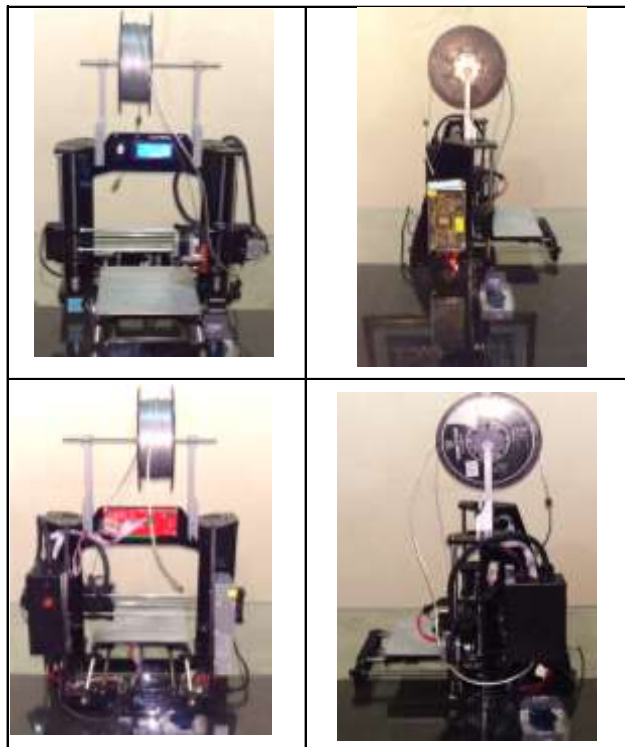
Anexo 5: Ensamblaje del prototipo impresora Geetech Prusa I3X.



Anexo 6: Elaboración de caja para ubicar las tarjetas.



Anexo 7: Prototipo de impresora Geeetech Prusa I3 X.



Anexo 8: Datasheet Arduino Mega 2560

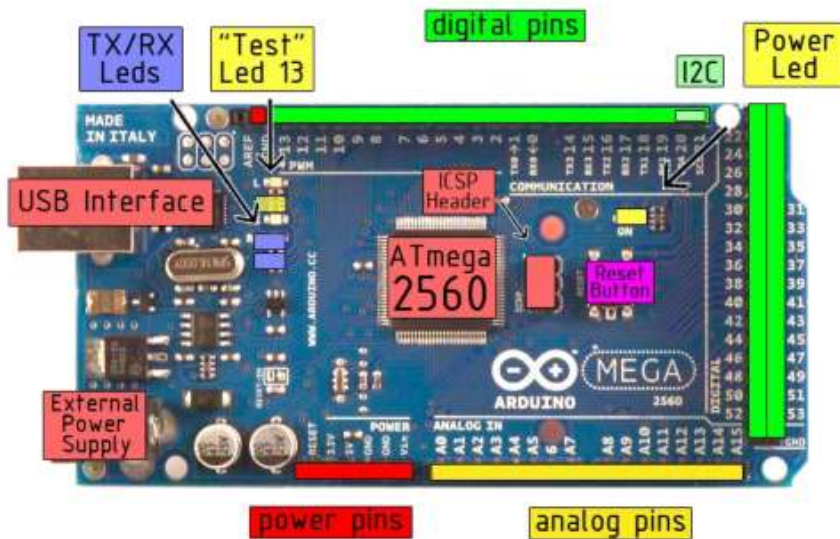
Technical Specification

EAGLE files: [_arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



Anexo 9: Datasheet Ramps 1.4

RAMPS 1.4

<http://reprap.org/wiki/ramps>



This is open hardware: you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your option) any later version.

This hardware design is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program. If not, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.

!!! Reversing input power, and/or inserting stepper drivers incorrectly will destroy electronics and cause fire hazard!!!

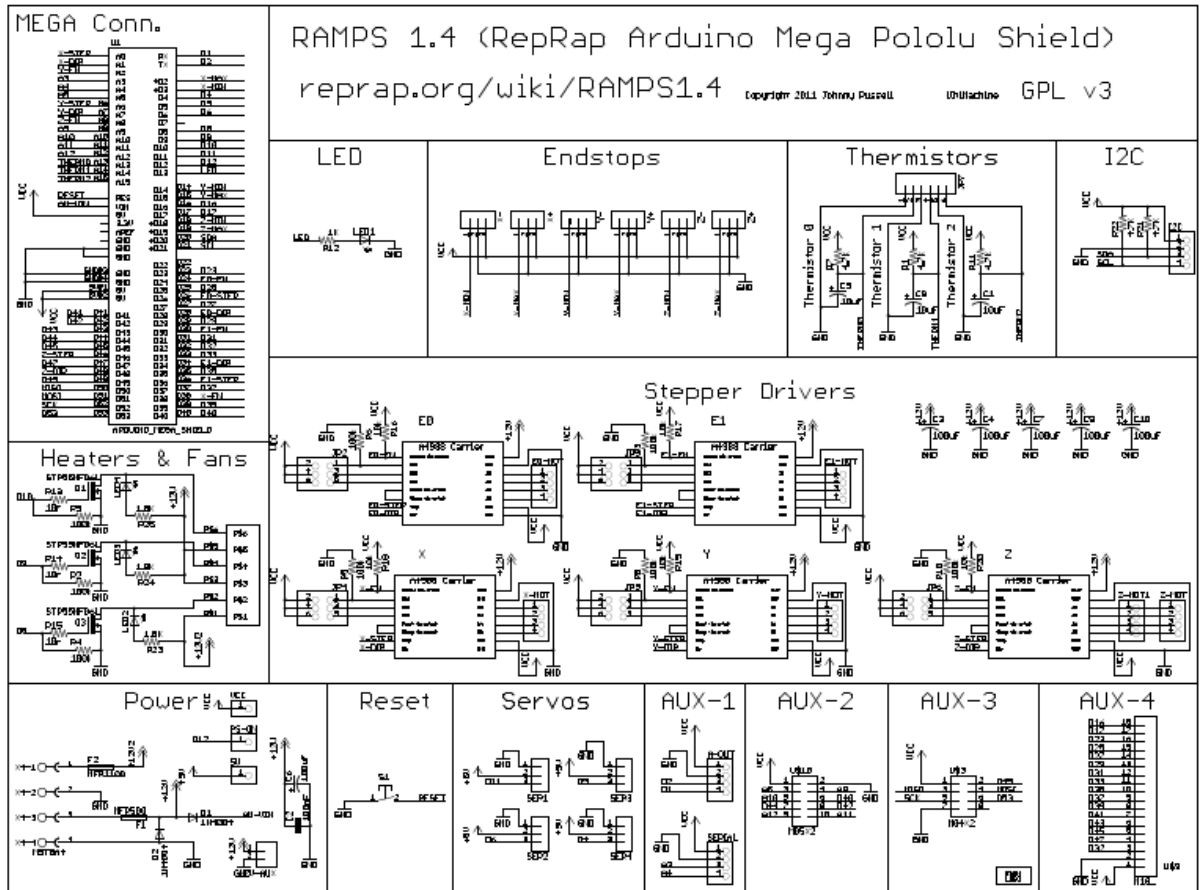
Test all electronics thoroughly before placing into service.

Do not leave power supplied to electronics unattended, or run machines unattended due to the risk of fire and malfunction.

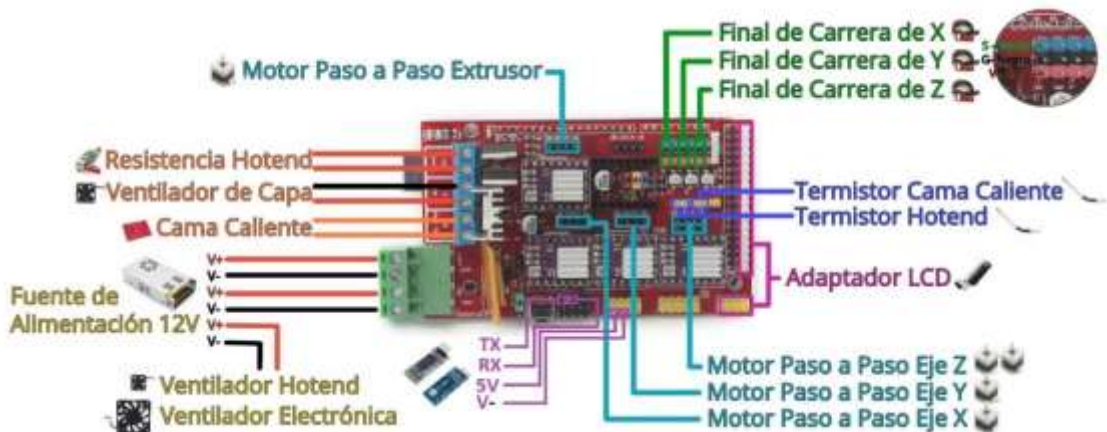
This is **NOT** a toy and it contains small and sharp parts. Children can choke or suffocate by swallowing small objects. Keep all parts away from children and never leave printer/parts unattended.

Bill of Materials

Qty	Part Name	Value	Package
3	C1,C5,C8	10uF	153CLV-0405
1	C2	100nF	C0805
6	C3,C4,C6,C7,C9,C10	100uF	153CLV-0605
2	D1,D2	1N4004	DO41-10
1	F1	MPR500	MPR500
1	F2	MPR1100	MPR1100
1	LED1	green	CHIP-LED0805
3	LED2,LED3,LED4	red	CHIP-LED0805
3	Q1,Q2,Q3	STP55NF06L	TO220BV
5	R1,R7,R11,R21,R22	4.7K (14)	R0805
8	R2,R3,R4,R5,R6,R8,R9,R100k		R0805
1	R12	1K	R0805
3	R23,R24,R26	1.8K	R0806
3	R13,R14,R15	10r	R0805
5	R16,R17,R18,R19,R20	10k	R0805
1	S1	B3P-3100	B3P-31XX
1	U\$2	282837-6	282837-6
1	X4	MSTBA4	MSTBA4
1		0.1" 18x2 pin	
8		0.1" 2x3 pin	
5		0.1" 8x1 pin	
2		0.1" 6x1 pin	
6		0.1" 4x1 pin	
2		0.1" 24x1 female	
4		0.1" 8x1 female	
15		0.1" 2 pin jumper	



Anexo 10: Conexiones en la tarjeta Ramps 1.4



Anexo 11: Datasheet Motor Nema 17



Stepper Motor NEMA 17

This document describes mechanical and electrical specifications for PBC Linear stepper motors; including standard, hollow, and extended shaft variations.

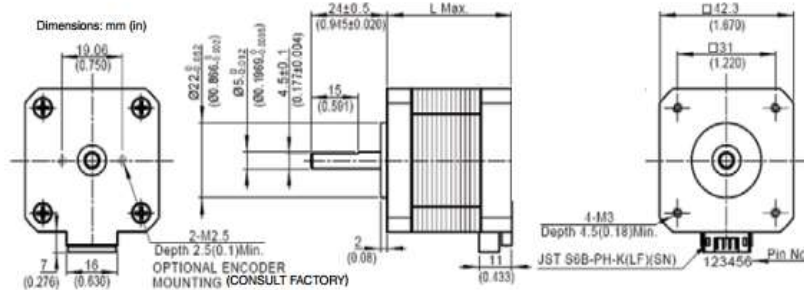


Phases	2
Steps/Revolution	200
Step Accuracy	±5%
Shaft Load	20,000 Hours at 1000 RPM
Axial	25 N (5.6 lbs.) Push 65 N (15 lbs.) Pull
Radial	29 N (6.5 lbs.) At Flat Center
IP Rating	40
Approvals	RoHS
Operating Temp	-20° C to +40° C
Insulation Class	B, 130° C
Insulation Resistance	100 MegOhms

Standard shaft motor shown.

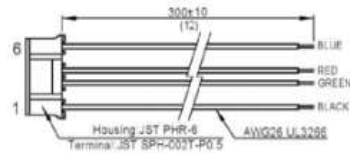
Description	Length	Mounted Rated Current	Mounted Holding Torque		Winding Ohms mH		Detent Torque		Rotor Inertia		Motor Weight					
			Nm	oz-in	Typ.	Typ.	±10% @ 20°C	Typ.	mNm	oz-in	g	cm ²	oz-in ²	kg	lbs	
(Slack)	"L" Max	Amps														
Single	39.8 mm (1.57 in)	2	0.48	68	1.04	2.2	15	2.1	57	0.31	0.28	0.62				
Double	48.3 mm (1.90 in)	2	0.63	89	1.3	2.9	25	3.5	82	0.45	0.36	0.79				
Triple	62.8 mm (2.47 in)	2	0.83	120	1.49	3.8	30	4.2	123	0.67	0.6	1.3				

*All standard motors have plug connector. Consult factory for other options.



Standard shaft dimensions shown. All other dimensions apply to hollow and extended shaft options.

Dimensions: mm (in)
4 Lead Connector, PBC Part#6200490
(Consult factory for optional motor connectors)



Anexo 12: Datasheet del Módulo Bluetooth Arduino HC-06

Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd.

1. Product's picture

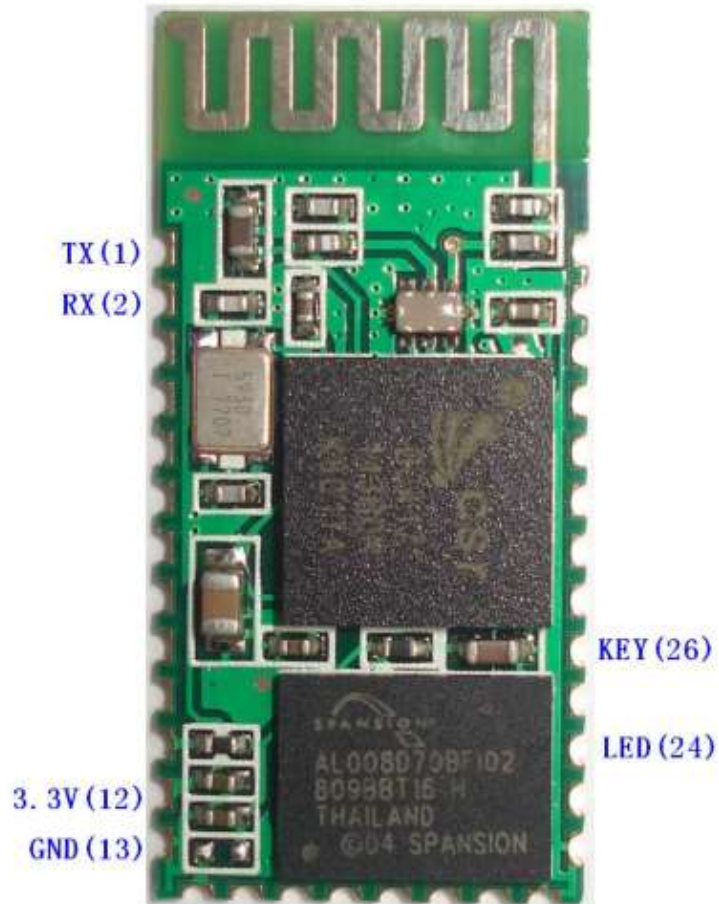


Figure 1 A Bluetooth module

www.wavesen.com Phone: 020-84083341 Fax: 020-84332079 QQ:1043073574
Address: Room 527, No.13, Jiangong Road, Tianhe software park, Tianhe district, Guangzhou Post: 510660
Technology consultant: support@wavesen.com Business consultant: sales@wavesen.com
Complaint and suggestion: sunhirdit@hotmail.com

- Application fields:
 - Bluetooth Car Handsfree Device
 - Bluetooth GPS
 - Bluetooth PCMCIA , USB Dongle
 - Bluetooth Data Transfer
- Software
 - CSR

3. PINs description

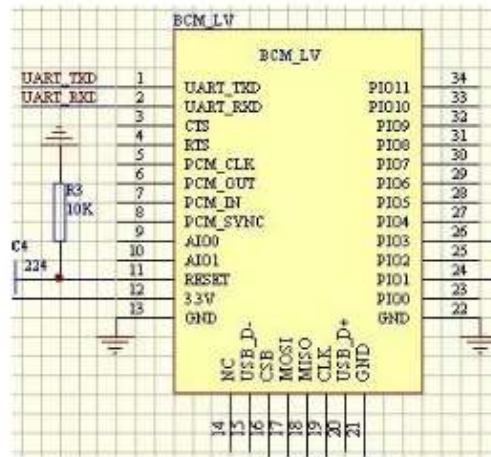


Figure 3 PIN configuration

The PINs at this block diagram is as same as the physical one.

PIN Name	PIN #	Pad type	Description	Note
GND	13 21 22	VSS	Ground pot	
1V8	14	VDD	Integrated 1.8V (+) supply with On-chip linear regulator output within 1.7-1.9V	
VCC	12	3.3V		
AIO0	9	Bi-Directional	Programmable input/output line	
AIO1	10	Bi-Directional	Programmable input/output line	

www.wavesen.com Phone: 020-84063341 Fax: 020-84332079 QQ:1043073574
 Address: Room 527, No.13, Jiangong Road, Tianhe software park, Tianhe district, Guangzhou Post: 510660
 Technology consultant: support@wavesen.com Business consultant: sales@wavesen.com
 Complaint and suggestion: sunbirdit@hotmail.com

		pull-up		
SPI_CLK	19	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface clock	
SPI_MISO	18	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data Output	
USB_-	15	Bi-Directional		
USB_+	20	Bi-Directional		
1.8V	14		1.8V external power supply input	Default : 1.8V internal power supply.
PCM_CLK	5	Bi-Directional		
PCM_OUT	6	CMOS output		
PCM_IN	7	CMOS Input		
PCM_SYNC	8	Bi-Directional		

Anexo 13: Ficha técnica de filamento PLA



PLA filamento: ficha técnica

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES	MÉTODO DE TESTEO
Propiedades generales			
Densidad	1,24	g/cm ³	ASTM D792
Propiedades mecánicas			
Módulo elástico en flexión	3600	MPa	ISO 178
Resistencia a la flexión	108	MPa	ISO 178
Dureza Sh D	85	Sh D	ASTM D2240
Propiedades térmicas			
Temperatura de flexión bajo carga	56	°C	ISO 75/2B
Temperatura de fusión	145-160	°C	ASTM D3418
Temperatura de transición vítrea	56-64	°C	ASTM D3418

Además de las propiedades descritas, hemos realizado los ensayos de tracción tanto de probetas inyectadas como de probetas impresas con nuestro PLA, para conocer las propiedades mecánicas de la pieza impresa final. En la siguiente tabla se recogen estos resultados:

Propiedades mecánicas	Probetas inyectadas	Probetas impresas ^a	Probetas impresas ^b	Unidades	Método de testeo
Resistencia a la rotura en tracción	52	50	39	MPa	ISO 527
Deformación a rotura en tracción	5	9	4	%	ISO 527
Módulo elástico en tracción	1320	1230	1120	MPa	ISO 527

^a Estrado en dirección paralela a las capas.

^b Estrado en dirección perpendicular a las capas

Anexo 14: GLOSARIO

ABS : Es un termoplástico (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) se caracteriza por su dureza y rigidez, es resistente a la abrasión y a los elementos químicos aunque es soluble en acetona.

FDM: Modelado por deposición fundida (Fused Deposition Modeling)

PLA: Políácido láctico

Cama caliente (Heat bed) : Es la base calefactable dónde se imprimen la piezas con tecnología FDM.

Digitalización 3D (escaneado 3D): Es la tecnología usada para digitalizar en el ordenador objetos reales en 3D.

Extrusor (Cold end): Es el mecanismo que se encarga de extruir el filamento de plástico con el que se imprimen las piezas.

Filamento: Es la forma común de nombrar a los materiales de impresión 3D de tecnología FDM.

Fusor (Hotend): Es el mecanismo o pieza que sobresale hacia abajo del extrusor y cuya finalidad es fundir el filamento y terminar de extruirlo.

G-CODE : Es un código de programación da instrucciones a la máquina sobre adonde moverse, cuán rápido moverse y que trayectoria seguir.

Relleno (Fill density): Es el parámetro que define el tanto por ciento de relleno que tendrá la pieza a imprimir. Un relleno del 0% imprime piezas huecas o modelos vacíos y con un relleno al 100% se obtienen piezas totalmente macizas.

SLA: Es una tecnología (foto polimerización) de impresión 3D consistente en una resina líquida alojada en una cubeta que se endurece selectivamente capa a capa mediante una haz de luz a una determinada longitud de onda.

SLS: Es una tecnología (Sinterización Selectiva por Láser) de impresión 3D consistente en un lecho de polvo formado por pequeñas partículas de plástico, de cerámica o de metal que se funden (o casi) por el calor procedente de un láser de alta potencia capa a capa hasta formar un objeto sólido tridimensional.

ATX: Fuente de alimentación ATX son el estándar que provee de energía a todo el sistema.

App Inventor: App Inventor te permite desarrollar aplicaciones para los teléfonos Android mediante un navegador web y, o bien un teléfono conectado o el emulador. Los servidores de App Inventor almacenan tu trabajo y te ayudarán a realizar el seguimiento de tus proyectos.

Comunicación: acción y resultado de comunicarse, transmitir señales (voz, datos, escritos) entre dos o más individuos.

Anexo 15: PRESUPUESTO

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO USD	COSTO TOTAL USD
Kit impresora 3D Geeetech Prusa I3x	1	800	800
Módulo Bluetooth	1	30	30
Plástico PLA	2	70	140
Tarjeta Arduino MEGA 2560	1	60	60
Ramps 1.4	1	30	30
Plástico Ninjaflex	1	90	90
Tarjeta SD	1	10	10
Calibrador	1	45	60
Fuente de poder	1	30	30
Varios			250
		Total	\$ 1.500