



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
IMPRESORA PARA DECORACIÓN DE ALIMENTOS
APLICABLE EN DULCES DE GUAYABA

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTOR: CHRISTIAN PAÚL REYES OROZCO

TUTOR: ING. JORGE LUIS PAUCAR

Riobamba-Ecuador
2019

@2019, Christian Paúl Reyes Orozco

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE IMPRESORA DECORADORA DE ALIMENTOS APLICABLE EN DULCES DE GUAYABA”**, de responsabilidad del señor CHRISTIAN PAÚL REYES OROZCO, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
ING. WASHINGTON LUNA. E DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
ING. FREDDY CHÁVEZ. V DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	_____	_____
ING. JORGE LUIS PAUCAR DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
ING. JOSÉ LUIS MORALES MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

“Yo, Christian Paúl Reyes Orozco, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Christian Paúl Reyes Orozco

DEDICATORIA

El presente trabajo, dedico en primer lugar a Dios, a mi Padres Jaime e Hilda por su amor, cariño paciencia y en especial por su apoyo incondicional. A mis abuelitos Alonso e Inés que ahora no están presentes físicamente, pero que en el transcurso de la carrera estuvieron conmigo y querían verme triunfar siempre.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por permitirme culminar con mi carrera, a mis padres y hermanos que han sido el pilar fundamental para cumplir con este objetivo, a mis abuelitos que siempre me ayudaron y estaban siempre pendientes que nada me falte, a mi tío Vinicio por todo el apoyo que me brindó para que sea posible estudiar en esta universidad, y a Belencita que ha estado conmigo a lo largo de esta carrera, siendo la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida. De igual manera mis agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Informática y Electrónica, a las autoridades, a mis amigos y a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad. Gratitud infinita al Ing. Jorge Luis Paucar, que más que un docente fue un gran amigo por su tutoría, paciencia, consejos, conocimiento impartido, su apoyo total y ayuda al culminar una etapa muy importante en mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Técnicas Actuales de Decoración	3
1.1 Técnicas Actuales de Decoración	3
1.1.1 <i>Decorado 100% artesanal</i>	3
1.1.2 <i>Decorado con el uso de un proyector</i>	3
1.2 Extrusión	4
1.2.1 <i>Tipos de extrusión</i>	4
1.3 Partes de una extrusora.....	5
1.3.1 <i>Tornillo</i>	5
1.3.2 <i>Tolva</i>	5
1.3.3 <i>Cilindro</i>	5
1.3.4 <i>Cabezal y Boquilla</i>	6
1.4 Tornillo sin fin	6
1.5 Motor Eléctrico	7
1.5.1 <i>Conceptos generales sobre motores eléctricos</i>	7
1.5.1.1 <i>Corriente Directa</i>	7
1.5.1.2 <i>Corriente Alterna</i>	7
1.5.2 <i>Motor a Pasos</i>	8
1.6 Pistones.....	8
1.7 Finales de Carrera.....	9
1.8 Sistemas de Transmisión	10
1.8.1 <i>Transmisión por correa-polea</i>	10
1.8.2 <i>Transmisión por cadena-piñon</i>	11
1.8.3 <i>Transmisión por Engranajes</i>	11
1.8.3.1 <i>Engranajes</i>	11
1.8.3.2 <i>Engranajes Rectos</i>	11
1.8.3.3 <i>Engranajes Cónicos</i>	12
1.8.3.4 <i>Engranaje de Tornillo sin fin</i>	12

1.8.3.5	<i>Engranajes Helicoidales</i>	13
1.9	Placas de Desarrollo	13
1.9.1	<i>Tarjetas Controladoras de impresoras 3D</i>	14
1.10	Display LCD	15
1.11	Driver Motores a Pasos	15
1.12	Diseño Asistido por Computadora (CAD)	16
1.13	Firmware	16
1.14	Código G	17
1.15	Matter Control	17
1.16	Fuentes de Poder Conmutadas	18

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	19
2.1	Requerimientos para el diseño de hardware y software	19
2.1.1	<i>Consolidación General del prototipo</i>	20
2.2	Diseño de la arquitectura del prototipo	21
2.3	Diseño y construcción de las etapas del prototipo	21
2.3.1	<i>Determinación y selección de elementos y componentes del sistema mecánico</i>	22
2.3.1.1	<i>Extructura Cartesiana</i>	22
2.3.1.2	<i>Aluminio</i>	22
2.3.1.3	<i>Plástico PLA</i>	23
2.3.1.4	<i>Correas dentadas o síncronas</i>	24
2.3.1.5	<i>Poleas de transmisión</i>	25
2.3.1.6	<i>Tornillo sin fin</i>	26
2.3.1.7	<i>Rodamientos</i>	23
2.3.1.8	<i>Varillas Niqueladas</i>	27
2.3.1.9	<i>Acoplamiento de eje</i>	28
2.3.1.10	<i>Diseño e implementación de extrusores</i>	28
2.3.1.11	<i>Husillo de engranaje para tornillo sin fin</i>	32
2.3.1.12	<i>Base para el motor</i>	33
2.3.1.13	<i>Base Sistema de extrusión</i>	34
2.3.1.14	<i>Base para jeringa de extrusión</i>	34
2.3.1.15	<i>Base porta jeringa</i>	35
2.3.1.16	<i>Soporte de guía</i>	35
2.3.1.17	<i>Jeringa extrusora</i>	36
2.3.1.18	<i>Tapa y base de tapa motor</i>	37

2.3.1.19	<i>Manguera plástica transportadora</i>	37
2.3.2	<i>Diseño e implementación del sistema eléctrico y electrónico</i>	37
2.3.2.1	<i>Motor Nema 17</i>	37
2.3.2.1	<i>Final de Carrera</i>	41
2.3.2.3	<i>Drivers motores a pasos A4988</i>	42
2.3.2.4	<i>Tarjetas controladoras</i>	43
2.3.2.5	<i>Display LCD</i>	44
2.3.2.6	<i>Fuente de poder</i>	44
2.4	Requerimientos del software del sistema	45
2.4.1	<i>IDE Arduino 1.8.8</i>	45
2.4.2	<i>Firmware Marlin</i>	46
2.4.3	<i>Solidworks</i>	51
2.4.4	<i>Software MatterControl</i>	52

CAPÍTULO III

3.	PRUEBA Y RESULTADOS	56
3.1	Estabilidad del Prototipo	56
3.1.1	<i>Desplazamiento de los ejes X,Y,Z de la impresora</i>	56
3.1.2	<i>Pruebas de desplazamiento del sistema de extrusión</i>	60
3.2	Pruebas de medidd de impresión del sistema	62
3.2.1	<i>Impresión Cuadrado</i>	62
3.2.2	<i>Impresión de un círculo</i>	64
3.2.3	<i>Imoresion de un triangulo</i>	65
3.3	Pruebas de tiempos del Prototipo	67
3.4	Pruebas de cantidad de material a imprimir	68
3.5	Evaluación del prototipo de impresora en tiempo y cantidad	69
3.6	Aceptación del prototipo de impresora	70
3.7	Consumo de corriente del prototipo	70
3.8	Analisis de Costos	72

CONCLUSIONES	72
---------------------------	-----------

RECOMENDACIONES	73
------------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1-1:	Ventajas y Desventajas del tornillo sin fin	6
Tabla 2-1:	Comparativa tarjetas Controladoras Impresora 3D	14
Tabla 3-1:	Comparativa drivers motores a pasos	16
Tabla 1-2:	Descripción de los requerimientos técnicos del prototipo	19
Tabla 2-2:	Aleación por el principal elemento presente	23
Tabla 3-2:	Aleaciones más comunes de aluminio.....	23
Tabla 4-2:	Características de la correa dentadas	24
Tabla 5-2:	Características Poleas de Transmisión	25
Tabla 6-2:	Características Tornillo Sin Fin.....	26
Tabla 7-2:	Características del acoplamiento de eje de motor.....	28
Tabla 8-2:	Módulos normalizados	30
Tabla 9-2:	Descripciones y características de un motor Nema 17	38
Tabla 10-2:	Características final de carrera	41
Tabla 11-2:	Características Fuente de poder S-360	45
Tabla 1-3:	Desplazamiento eje X.....	57
Tabla 2-3:	Desplazamiento eje Y.....	58
Tabla 3-3:	Desplazamiento eje Z.....	59
Tabla 4-3:	Desplazamiento extrusores.....	61
Tabla 5-3:	Prueba figura cuadrado.....	63
Tabla 6-3:	Prueba figura círculo	64
Tabla 7-3:	Prueba figura triángulo.....	66
Tabla 8-3:	Error absoluto entre los pesos medidos con el software.....	66
Tabla 9-3:	Prueba caontidad de impresiones	69
Tabla 10-3:	Datos de la encuesta.....	70
Tabla 11-3:	Consumo de energia del prototipo.....	71
Tabla 12-3:	Analisis de Costos	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Decorado Artesanal.....	3
Figura 2-1:	Extrusora de husillo	4
Figura 3-1:	Tolva de Extrusión.....	5
Figura 4-1:	Cabezal y boquilla de extrusión.....	6
Figura 5-1:	Clasificación de la corriente directa.....	7
Figura 6-1:	Motor a pasos.....	8
Figura 7-1:	Pistón para extrusión.....	9
Figura 8-1:	Final de Carrera.....	9
Figura 9-1:	Transmisión Correa-Polea.....	10
Figura 10-1:	Transmisión Cadena-Piñón.....	11
Figura 11-1:	Transmisión por Engranajes	12
Figura 12-1:	Engranajes Rectos.....	12
Figura 13-1:	Engranaje cónico espiral	12
Figura 14-1:	Engranaje de tornillo sin fin.....	13
Figura 15-1:	Engranaje Helicoidal.....	13
Figura 16-1:	Tarjeta controladora de Impresora 3D	14
Figura 17-1:	Display LCD	15
Figura 18-1:	Diseño Asistido por Computadora.....	16
Figura 19-1:	Esquema de comunicación del Firmware	17
Figura 20-1:	MatterControl Interfaz	18
Figura 21-1:	Esquema de funcionamiento de una fuente conmutable.....	18
Figura 22-1:	Fuente Conmutada	21
Figura 1-2:	Concepción general del sistema.....	20
Figura 2-2:	Diagrama de bloques del proceso para la consolidación del prototipo	21
Figura 3-2:	Estructuras Impresoras 3D	22
Figura 4-2:	Materiales impresos en 3D, en plástico PLA	24
Figura 5-2:	Dimensiones y tolerancias para correas dentadas de perfil trapezoidal.....	25
Figura 6-2:	Polea para motor a pasos.....	26
Figura 7-2:	Tornillo sin Fin	26
Figura 8-2:	Rodamientos	27
Figura 9-2:	Varillas Niqueladas.....	27
Figura 10-2:	Acoplamiento.....	28
Figura 11-2:	Extrusores	29
Figura 12-2:	Partes de un engranaje	30

Figura 13-2:	Piñón	31
Figura 14-2:	Engranaje con dientes rectos.....	32
Figura 15-2:	Husillo para tornillo	33
Figura 16-2:	Base para motor y sistema de engranajes.....	33
Figura 17-2:	Base del sistema de extrusión	34
Figura 18-2:	Base contenedora de jeringa de extrusión.....	34
Figura 19-2:	Base porta jeringa de extrusión.....	35
Figura 20-2:	Soporte para varillas fijas y móviles.....	35
Figura 21-2:	Jeringa extrusora de material dulce.....	36
Figura 22-2:	Tapa y base de tapa para recubrimiento de engranes	37
Figura 23-2:	Manguera transportadora de material	37
Figura 24-2:	Final de carrera	42
Figura 25-2:	Conexión del driver con un motor a pasos.....	42
Figura 26-2:	Tarjeta controladora Rumba plus	43
Figura 27-2:	Pantalla lcd del Sistema	44
Figura 28-2:	Fuente de poder.....	44
Figura 29-2:	Diagrama de Flujo Firmware.....	46
Figura 30-2:	Añadir librerías LCD	47
Figura 31-2:	Pestaña a configurar.....	47
Figura 32-2:	Configuración de velocidad y selección de tarjeta Rumba	48
Figura 33-2:	Configuración del número de extrusores	48
Figura 34-2:	Selección de fuente de poder	49
Figura 35-2:	Selección de sensores finales de carrera	49
Figura 36-2:	Configuración de pasos y velocidades de los motores a pasos	50
Figura 37-2:	Configuración del lenguaje pantalla lcd.....	50
Figura 38-2:	Diseño de la máquina en Solid Works	51
Figura 39-2:	Diagrama de Flujo de Software de control	52
Figura 40-2:	Configuración General.....	53
Figura 41-2:	Pre visualización del Diseño de la extensión .STL.....	54
Figura 42-2:	Pre Visualización antes de imprimir el diseño bosquejado.....	54
Figura 1-3:	Evidencia prueba desplazamiento ejes	56
Figura 2-3:	Evidencia prueba desplazamiento extrusor.....	60
Figura 3-3:	Evidencia prueba de impresión de un cuadrado.....	62
Figura 4-3:	Evidencia prueba de impresión de un círculo	64
Figura 5-4:	Evidencia prueba de impresión de un triángulo.....	65
Figura 6-3:	Impresión manual vs Impresión del prototipo	67
Figura 7-3:	Evidencia prueba de pesos de la impresión	68

Figura 8-3:	Preguntas encuesta	70
Figura 9-3:	Consumo de corriente Motores X,Y,Z	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A:	Hoja de datos driver a4988
Anexo B:	Hoja de datos ATmega 2560
Anexo C:	Hoja de datos NEMA17
Anexo D:	Lcd grafico 128x64
Anexo E:	Explotado completo impresora
Anexo F:	Explotado Extrusor y Perfiles
Anexo G:	Manual de Usuario

RESUMEN

El trabajo de titulación tiene como objetivo diseñar un prototipo de impresora decoradora de alimentos aplicable para dulces de guayaba eliminando por completo las técnicas clásicas artesanales manuales. El proyecto se dividió en tres etapas, el sistema mecánico que utiliza una estructura cartesiana con elementos como motores a paso, bandas de transmisión, rodamientos, el sistema electrónico que utiliza una tarjeta controladora Rumba plus, sensores de fin de carrera una fuente de alimentación y software como SolidWorks que permite realizar diseño mecánico para luego ser convertido usando código G utilizando el software MatterControl que es el encargado de modificar los parámetros del diseño e impresión comunicando al usuario con la impresora mediante una interfaz gráfica. El diseño trata de emular cada paso que realiza un decorador artesanal con procesos automáticos e imprimir en una superficie plana limitada. Se estableció un protocolo de pruebas capaz de evaluar el producto obtenido teniendo como resultados el incremento en la precisión de la impresora que oscila en 1 mm y la reducción del tiempo de decoración que disminuye en un 30%, se recomienda para trabajos futuros utilizar una tolva de almacenamiento del material a extruir de mayor capacidad para que la máquina pueda realizar la impresión de diseños en gran escala.

Palabras Claves: <IMPRESORA CARTESIANA>, <DULCES DE GUAYABA>, <TARJETA CONTROLADORA>, <DECORACIÓN>, <DISEÑO>, <SOFTWARE>, <IMPRESIÓN>.

SUMMARY

The purpose of the degree work was to design a food decorating printer product applicable for guava fruit sweets by completely eliminating the classic manual artisan techniques. The project was divided into three stages, the mechanical system using a Cartesian structure with elements such as step motors, transmission bands, bearings, the electronic system that uses a Rumba plus controller card, end-of-stroke sensors, a power supply and software such as Solid Works that allows to make mechanical design and then to be converted using G code, using the Matter Control software that is in charge of modifying the parameters of the design and printing, communicating the user with the printer through a graphic interface. The design tries to emulate every step made by an artisan decorator with automatic processes and print on a limited flat surface. A test protocol was established capable of evaluating the product obtained, resulting in the increase in the accuracy of the printer that oscillates in 1mm and the reduction of the decorating time that decreases by 30%, it is recommended for future works to use a storage hopper of the material to be extruded of greater capacity allowing the machine can perform the printing of designs on a large scale.

Key Words: < AUTOMATIC CONTROL>, < CARTESIAN PRINTER>, <DECORATION>, < GUAVA FRUIT SWEETS >, < CONTROLLER CARD >, <PRINTING>.

INTRODUCCIÓN

El dulce de guayaba es típico en la mayoría de provincias del país, es fabricado de manera artesanal. Dicho producto tiene alta demanda por lo tanto los productores buscan maneras de crearlos a menores costos, reduciendo tiempos, mejorando su calidad y presentación. Considerando esto se ha planteado desarrollar un prototipo de maquina decoradora de dulces de guayaba reemplazando las técnicas actuales manuales de un decorador. (elTelégrafo, 2015)

En la actualidad la producción de dulces de guayaba decorados oscila aproximadamente entre 700 y 900 unidades diarias las cuales son realizadas de forma manual por un artesano, la decoración de dulces de guayaba se realiza de manera artesanal por medio de herramientas culinarias rudimentarias lo que ocasiona un desperdicio de tiempo que el trabajador emplea en realizar la actividad.

Se puede mencionar como trabajos realizados un prototipo de dispositivo cartesiano decorador de pasteles por procesamiento de imagen con movimiento sobre los 3 ejes (x,y,z), el cual sirve para posicionar a un efector final, sobre la posición deseada, esta posición brinda por medio de coordenadas las cuales son obtenidas de un algoritmo de imagen. El prototipo se desarrolló en la ciudad de México y está dirigido exclusivamente a pasteles de una dimensión determinada con una cantidad muy limitada de colores y por lo tanto carece de opciones de decoración, contando además que el extrusor de dulce es considerado por los autores inestable, y el proyecto de titulación llamado “Diseño e implementación de un sistema automático para decoración de pasteles en producciones a gran escala” desarrollado en el país busca crear una maquina con características similares a la del prototipo de México enfocado igualmente en pasteles, pero mejorando la parte del extrusor, aumentando la cantidad de opciones de decoración y sin necesidad de implementar un algoritmo de procesamiento de imágenes. Dicho diseño presenta problemas debido a perturbaciones en la masa como puede ser grumos, aire o la misma densidad de la masa.

En general la evolución de máquinas decoradoras de alimentos han sido mayormente enfocadas al área de la repostería. Sin embargo, otras actividades parecidas podrían beneficiarse de dichas máquinas decoradoras, pero en la actualidad no cuentan con tal tecnología por tratarse de empresas artesanales con bajo capital de inversión para innovación.

Por ende, el siguiente trabajo tiene como objetivo principal diseñar un prototipo de impresora electrónica de decoración de alimentos aplicable para dulces de guayaba con tres extrusores para tres colores diferentes, mejorando la calidad y la presentación del producto, siendo más llamativo

para el público y así poder incrementar sus ventas. Teniendo una alternativa exacta, para lo cual se plantea como objetivos secundarios:

- Determinar el proceso de decoración de dulces de guayaba.
- Analizar que Hardware, software y lenguaje de programación open source permiten la implementación del diseño de prototipo de impresora.
- Establecer que elemento actuador me permitirá decorar los dulces de guayaba con tres colores diferentes.
- Determinar que protocolo de prueba permitirá evaluar el correcto funcionamiento del sistema enfocado hacia la parte de precisión.
- Evaluar si el prototipo de impresora desarrollado cumple con los requerimientos planteados en la investigación

El presente documento se detalla en forma escrita tres capítulos, donde el Primer capítulo llamado Marco Teórico, se describe aspectos con respecto a los materiales utilizados para la estructura mecánica y sistema electrónico de la impresora. El segundo capítulo denominado marco metodológico hace referencia al desarrollo del sistema, sus etapas, concepción y la descripción de los elementos hardware y software utilizados, como también el diseño de los extrusores y el software que comunica al operador con la impresora, el Tercer capítulo llamado Pruebas y resultados, se realiza la validación del sistema, donde se realizan pruebas de calibración de motores a pasos, protocolos de pruebas de hardware, software y del sistema de extrusión. Las conclusiones han sido desarrolladas de acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas del sistema, y las recomendaciones van relacionadas a investigaciones futuras que pueden mejorar el sistema.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe las técnicas de decoración y las partes principales que constituyen una impresora de alimentos aplicable en dulces de guayaba.

1.1 Técnicas Actuales de Decoración

1.1.1. *Decorado 100% artesanal*

Como se muestra en la figura 1-1 en la actualidad es la técnica más utilizada en el medio, donde el trabajador plasma la imagen que desea dibujar en la superficie de un dulce de guayaba, la cual realiza sin la ayuda de una plantilla, es netamente un trabajo manual donde requiere mucha habilidad del decorador, así como también la complejidad del dibujo.



Figura 1-1: Decorado Artesanal
Realizador por: REYES, Christian 2019

1.1.2. *Decorado con el uso de un proyector*

Este método es muy poco usado en la región ya que conlleva mucha demanda de tiempo y dinero de los empresarios, consiste en plasmar una imagen proyectada en la superficie donde se desea dibujar, donde el trabajador realiza a mano la decoración siguiendo los bordes de la imagen proyectada de manera cuidadosa para que el producto final sea muy parecido al original.

1.2. Extrusión

Es un proceso de compresión del material a utilizar, el cual es obligado a pasar por un orificio que se encuentra al final del extrusor, tomando la forma de la boquilla que se utiliza, se puede realizar a cualquier temperatura caliente, tibio o frío. (Groover, 2007, p. 261).

1.2.1. Tipos de extrusión

- **Extrusora de husillo**

Son las más utilizadas a nivel industrial, funciona al girar sobre el interior de un cañón cilíndrico, extrae la materia prima de la tolva para hacerla pasar por los dientes del tornillo, siendo empujada al final de la misma, comprimiendo y dando la forma de la boquilla final como se representa en la figura 2-1. (Montes, et al., 2006, p. 6)

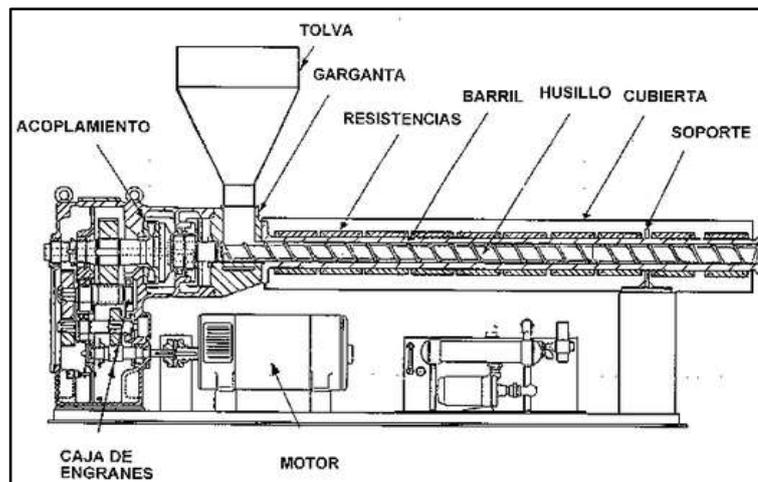


Figura 2-1: Extrusora de husillo

Fuente: <http://www.empaquesplasticos.com.mx>

- **Extrusora de doble husillo**

Son las más importantes en la industria, superan fácilmente a las extrusoras de un solo husillo, una de las ventajas principales es el mezclado, ya que se obtiene una mejor calidad que la de un solo. Su principal desventaja es el precio en el mercado. (Groover, 2007)

1.3. Partes de una extrusora

1.3.1. Tornillo

Cumple con la parte de mayor importancia de la extrusora, ya que esta mezcla, transporta, calienta el material. La calidad del producto proviene principalmente del diseño del tornillo, así como también la estabilidad del proceso. (Beltrán & Marcilla, 2012, p. 107)

1.3.2. Tolva

Es la parte en donde se almacena el material a extruir, se encarga de alimentar a la máquina extrusora, como se presenta en la figura 3-1 por lo general se fabrican en formas de cilindros metálicos o plásticos, donde el material desciende por las paredes del mismo. (Ayala, 2017, p. 37)



Figura 3-1: Tolva de Extrusión
Fuente: <http://www.extrudertechnologie.de>

1.3.3. Cilindro

Aloja en su interior al tornillo, son construidos de acero resistente o de algún otro material con revestimiento bimetálico. Su superficie está construida muy rugosa para que aumenten las fuerzas de cizalla que el material resista y se desplace a lo largo de la extrusora. (Beltrán & Marcilla, 2012, p. 108)

1.3.4. Cabezal y Boquilla

Según (Mariano, 2011) el cabezal es el responsable de brindar la forma del estruado, así como la boquilla es la encargada de moldear el material y se encuentra al final de la extrusora como se presenta en la figura 4-1, existen dos tipos de estas que son las circulares y las cuadradas. El diámetro de la boquilla es el diámetro que se desea plasmar sobre la superficie extruida. (Beltrán & Marcilla, 2012, p. 114)



Figura 4-1: Cabezal y boquilla de extrusión
Realizado por: REYES, Christian 2019

1.4. Tornillo sin fin

Es un mecanismo con dentado helicoidal que se encarga de transmitir movimiento entre ejes, se encarga de empujar al material que va a ser extruido (Sólido) para el uso que se le desee dar.

Las ventajas y desventajas se las presentan a continuación en una tabla, (Sheyla_14, 2015):

Tabla 1-1. Ventajas y Desventajas del tornillo sin fin.

<i>VENTAJAS</i>	<i>DESVENTAJAS</i>
<ul style="list-style-type: none">• Fabricación de acuerdo a la necesidad, tamaño y paso del tornillo.• Fácil adquisición (Tornillos Comerciales)• Compactos	<ul style="list-style-type: none">• Alto costo de Fabricación• No existen en tamaños grandes• Dificultad en fabricar tornillos muy pequeños.• Riesgos de Contaminación

<ul style="list-style-type: none"> • Resisten altas temperaturas • Versátiles (dosificador, mezclador, agitador) • Herméticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren Mayor potencia de acuerdo al material que vaya a extraer • Requiere mantenimiento constante
--	--

Realizado por: REYES, Christian 2019

1.5. Motor Eléctrico

Son el resultado de una aplicación inteligente de los principios del electromagnetismo en general de la ley de inducción de Faraday, éste transforma la energía eléctrica en mecánica, esta acción se desarrolla introduciendo una corriente eléctrica externa en una máquina, donde aparece una fem inducida que se opone al flujo de la corriente que se denomina fuerza contra electromotriz. (Contreras Villamizar & Sánchez Rodríguez, 2010, p. 58)

1.5.1. Conceptos generales sobre motores eléctricos

1.5.1.1. Corriente Directa

Representa un flujo de electrones que se desplaza en los circuitos de forma invariable, en una sola dirección y se clasifica en dos tipos: Corriente directa variable y corriente directa pulsante como se presenta en la figura 5-1. (Zetina C & Zetina M, 2004, p. 290)

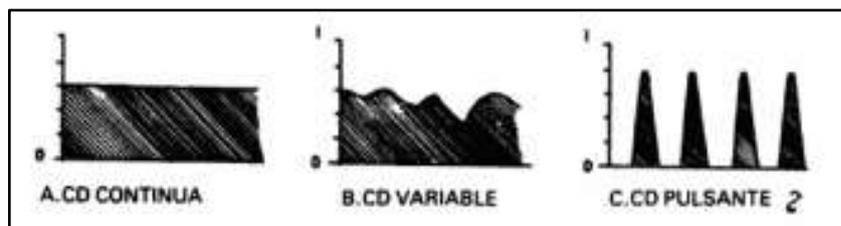


Figura 5-1: Clasificación de la corriente directa

Fuente: <https://books.google.com.ec>

1.5.1.2. Corriente Alterna

La corriente alterna es un tipo de corriente en la que los electrones forman un flujo, éste flujo se desplaza por el circuito en forma de oscilación. (Zetina C & Zetina M, 2004, p. 289).

1.5.2. Motor a Pasos

Como se presenta en la figura 6-1 son motores eléctricos cuyo principio de funcionamiento es el movimiento mediante pulsos, es un actuador electromagnético rotatorio que convierte mecánicamente entradas de pulsos digitales en movimientos rotatorios del eje y la velocidad está relacionada a la frecuencia de pulsos.

Estos motores tienen la destreza de quedar totalmente libres si no circula corriente por sus bobinas o quedar enclavados en la posición que se desea establecer. (Taboada Jiménez & Peña del Arco, 2016, p. 20)



Figura 6-1: Motor a pasos

Fuente: <https://elegocart.com>

1.6. Pistones

Este trabajo de titulación se diseña con pistones plásticos, los cuales van a ser empujados por un tornillo sin fin y éste controlado por un motor a pasos, el cilindro contiene el material el cual va a ser depositado en la superficie a decorar, de acuerdo a la densidad del material el motor realiza el esfuerzo de torque necesario para la expulsión del material como se muestra en la figura 7-1.



Figura 7-1: Pistón para extrusión
Realizado por: REYES, Christian 2019

1.7. Finales de Carrera

Son aquellos que nos indican el punto de partida (0,0,0) de nuestra impresora de alimentos, conociendo este punto solo se le instruye a la máquina cuando se puede mover en cada dirección asignada sin salirse de los límites de impresión como se muestra en la figura 8-1.

Cuenta con tres finales de carrera, uno para cada eje y se presentan en dos formas diferentes: los normalmente abiertos y los normalmente cerrados. (Diosdado, 2018)



Figura 8-1: Final de Carrera
Fuente: <https://www.electronicaembajadores.com/es>

1.8. Sistemas de Transmisión

Según (Lizzi Herrera , 2010, p. 49) tienen como objetivo llevar el movimiento producido por un elemento motriz (Motor) a los diferentes elementos de una máquina, de manera que esta pueda funcionar y cumplir el fin para la que fue construida.

Los ejes de transmisión tienen una forma cilíndrica de corta longitud, que usan de soporte a poleas, ruedas de fricción entre otras. Se presentan de forma fija o pueden moverse en sentido giratorio. Producen movimiento y no fuerza. Los componentes mecánicos principales para poder transmitir fuerza y movimiento a través de cadenas cinemáticas se nombran a continuación:

1.8.1. Transmisión por correa-polea

El pensamiento de (Hamon, s.f., p. 2) nos dice que las poleas son tipos de ruedas con una o varias rendijas en las cuales van apoyadas las correas. Y las correas son cintas cerradas por lo general son fabricadas de cuero u otros materiales, usadas para producir movimiento entre dos ejes paralelos como se presenta en la figura 9-1.

Es una transmisión mecánica fundamentado en la unión de una o más ruedas con un movimiento de rotación por medio de una correa o cinta alargada tensionada entre dos poleas la una denominada motriz la otra movida, al movimiento de la cinta produce energía entre las poleas por medio del rozamiento de la correa y las poleas.

Se clasifican según la forma de su sección transversal, existen tres tipos de correas para llevar a cabo el movimiento, pueden ser: planas, redondas o trapezoidales. (Espinoza, s.f., p. 3)



Figura 9-1: Transmisión Correa-Polea

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

1.8.2. Transmisión Cadena-Piñón

Como se visualiza en la figura 10-1 posee una cadena sin fin cerrada, cuyos eslabones encajan con ruedas dentadas llamadas piñones. Las cadenas tienen libertad en movimiento en una sola dirección y engranan de manera muy precisa con los dientes de los piñones. (Marval B, s.f.)

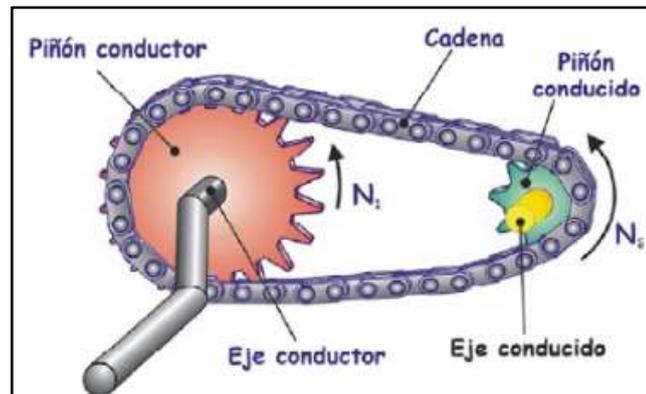


Figura 10-1: Transmisión Cadena-Piñón

Fuente: <http://concurso.cnice.mec.es>

1.8.3. Transmisión por Engranajes

Es un sistema de ruedas que encajan entre sí, de manera que una rueda trasfiere el movimiento circular a la otra. En un sistema de transmisión de potencia se llama engranaje al anillo dentado de mayor diámetro, mientras que piñón a la de menor diámetro. (Lizzi Herrera , 2010, p. 53)

1.8.3.1. Engranajes

Está compuesto por un conjunto de cuerpos dentados en forma circular que giran uno al otro en contacto permanente, permite generar potencia a través de sus ruedas dentadas al girar una sobre otra, (Costas, 2005, p. 12). Según su composición de dentado se clasifican en tres diferentes tipos: Rectos, cónicos, de tornillo sin fin y helicoidales.

1.8.3.2. Engranajes Rectos

Son los que tienen los dientes rectos, son cilíndricos y están diseñados para transmitir movimiento en ejes paralelos como se visualiza en la figura 12-1. (Palacio & Moro Piñeiro, 2000, p. 14)



Figura 12-1: Engranajes Rectos
Realizador por REYES, Christian 2019

1.8.3.3. Engranajes Cónicos

Son aquellos que se cortan cuando los dientes de ellos no se encuentran rectos, deben formar un arco circular, se utilizan en ejes que se intersecan para la transmisión de movimientos. (Budinas & J., 2012, p. 654)



Figura 13-1: Engranaje cónico espiral
Fuente: <https://machinerygarden.com>

1.8.3.4. Engranaje de Tornillo sin fin

Se realiza de forma que de cualquiera de los dos elementos o ambos (Tornillo y Engranaje), los dientes se envuelvan de manera parcial alrededor del otro, se emplea cuando las relaciones de velocidad del uno con el otro son muy altas, como se muestra en la figura 14-2 (Isidro & Gaibor Naranjo, 2017, p. 8)



Figura 14-1: Engranaje de tornillo sin fin
Fuente: <https://www.ecured.cu>

1.8.3.5. Engranajes Helicoidales

Según, (Budinas & J., 2012, p. 654) estos engranajes son usados para trasladar movimiento entre ejes no paralelos, poseen dientes inclinados con relación al eje de rotación, como se muestra en la figura 15-1.



Figura 15-1: Engranaje Helicoidal
Fuente: <https://engranajesvirtuales>

1.9. Placas de Desarrollo

Son dispositivos electrónicos que procesan la información que recibe, permitiendo la creación de un sin número de aplicaciones muy ventajosas. Así como también permiten conectar para su control motores, actuadores y de más dispositivos electrónicos para interconectar el ambiente exterior con el sistema que se desee controlar.

1.9.1. Tarjetas Controladoras de impresoras 3D

Como se muestra en la figura 16-1 son placas electrónicas que cumplen la función de ser el cerebro de la impresora 3D realizando los procesos ordenados en un computador o tarjeta SD; las cuales tienen conectadas las entradas USB, extrusores, motores, display, sensores entre otros.

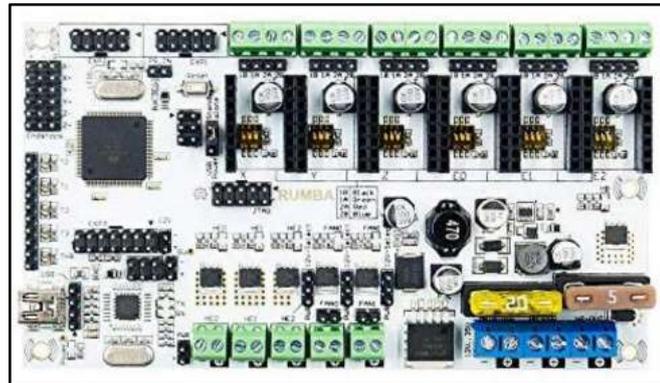


Figura 16-1: Tarjeta controladora de Impresora 3D

Fuente: <https://www.banggood.com/es>

En la tabla 1-2 se presenta las características más relevantes de las tarjetas controladoras de impresoras 3D, donde se puede apreciar que la mejor opción es la tarjeta Rumba plus ya que por su tamaño más grande permite conectar mayor número de dispositivos, posee mayor procesamiento que las otras dos tarjetas comparadas, así como tres extrusores, uno más que las otras dos, un controlador más de ventiladores, y un driver extra de motores a pasos los cuales nos ayuda a cumplir los requerimientos establecidos para este trabajo de titulación.

Tabla 1-2 Comparativa tarjetas Controladoras Impresora 3D

Tarjeta controladora 3D	GT2560	Ramps 1.4 +	Rumba +
Chip Microcontrolador	ATMEGA2560	ATMEGA2560	ATMEGA2560 + ATMEGA16U2
Dimensiones	110*80*25	110*60*40	175*135
Extrusores	2	2	3
Finales de Carrera	6	6	6
Controlador Ventilador	1	1 (Si usa extrusión dual no se aplica)	2 (Posee DUAL Z y extrusora DUAL)
Controladores de Temperatura	3	3	3

Drivers Motores a pasos	5	5	6
LCD	2004 & 12864	Necesita adaptador	2004 & 12864
Precio USA	\$42	\$40	\$56

Realizado por: REYES, Christian 2019

1.10. Display LCD

Consiste en una matriz bidimensional de pixeles donde cada uno de estos puede encontrarse encendido o apagado libremente. Sus componentes son: Celda de cristal líquido, electrodos y polarizador, en forma de capas es decir uno encima de otro. (Mellado Villaseñor, 2013, p. 15)

Como se muestra en la figura 17-1 sirve para mostrar en su interfaz caracteres, letras, símbolos los cuales nos permite comunicarnos con la máquina a través de esta y ejecuta las órdenes del operario para que sean plasmadas.



Figura 17-1: Display LCD

Realizado por: REYES, Christian 2019

1.11. Driver Motores a Pasos

Son controladores que nos permiten manejar altos voltajes e intensidades que requieren estos tipos de motores, así como también tiene protecciones para evitar daños en la parte electrónica y lo más importante limitar la corriente que circula por el motor. Posee dos salidas digitales una indica el sentido del giro y otra que comunica nuestro deseo que el motor avance un paso. (Llamas, 2017)

A continuación, en la tabla 1-3 se muestra una comparativa de los dos motores más utilizados para controlar motores a pasos.

Tabla 1-3. Comparativa drivers motores a pasos

Descripción	Modelo 1	Modelo 2
Modelo	A4988	DRV8825
Color	Verde o Rojo	Morado
Intensidad Max	2 ^a	2.5 ^a
Tensión Max	35 V	45 A
Micropasos	16	32
Fórmulas básicas	$I_{max}=V_{ref}/(8 \cdot R_s)$ $V_{ref}=I_{max} \cdot 8 \cdot R_s$	$I_{max}=V_{ref}/(5 \cdot R_s)$ $V_{ref}=I_{max} \cdot 5 \cdot R_s$

Realizado por: REYES, Christian 2019

1.12. Diseño Asistido por Computadora (CAD)

Según (Castillo Luna, 2006, p. 25) el termino CAD se refiere al uso de sistemas informáticos para la creación, modificación, análisis y optimización de un producto, dicho sistema informático cuenta con un hardware y un software.

Estos sistemas están diseñados para la creación y desarrollo de nuevos productos, en la actualidad la mente creativa del diseñador es muy amplia para su proceso, se puede crear en 2D, 2D1/2 y 3D como se muestra en la figura 18-1.

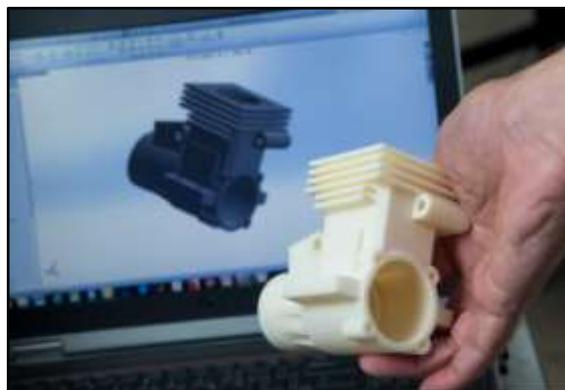


Figura 18-1: Diseño Asistido por Computadora
Fuente: <https://www.necc.mass.edu>

1.13. Firmware

Según (Aranda Vera, 2014) el firmware es un software creado para hardware, quiere decir que es un conjunto de instrucciones grabadas en el hardware que contienen instrucciones puntualizadas,

por lo general están gravados en la memoria Eeprom, Rom, Flash, etc. Es un lenguaje de programación de bajo nivel que controla los equipos y circuitos electrónicos de un dispositivo y se encarga de controlar y ejecutar las instrucciones recibidas. En la Figura 19-1 se muestra cómo funciona el firmware.

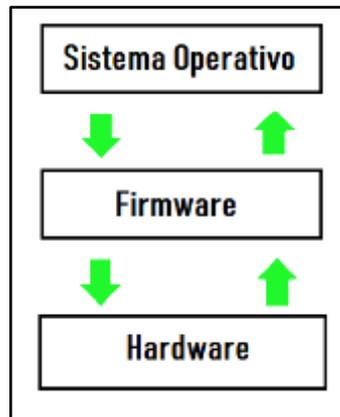


Figura 19-1: Esquema de comunicación del Firmware
Realizado por: REYES, Christian 2019

1.14. Código G

Es un lenguaje para máquinas de descripción de operaciones de control numérico por ordenador, que puede ser usado también para simplificar operaciones. Se almacena en un formato que puede leerse y modificarse con un editor de texto.

EL código G detalla el movimiento y las diferentes operaciones de una máquina para la fabricación de un objeto en particular. Se ha popularizado por la impresión 3D el cual ayuda a realizar tareas como posicionar el extrusor tanto como en horizontal como en vertical. (Ventura, 2014)

1.15. Matter Control

Es un software de código abierto de impresión 3D que permite al diseñador organizar el boceto y ayuda a gestionar el proceso de impresión, se puede diseñar desde cero utilizando las herramientas de diseño o explorar proyectos existentes como se visualiza en la figura 20-1. Sus extensiones son: (.stl, .amf y g-code). (MatterControl, s.f.), (Vásconez Saltos & Viteri Lucero, 2017, p. 29)



Figura 20-1: MatterControl Interfaz
Fuente: <https://www.matterhackers.com>

1.16. Fuentes de Poder Conmutadas

En la Figura 21-1 se presenta el funcionamiento de una fuente de poder conmutada.

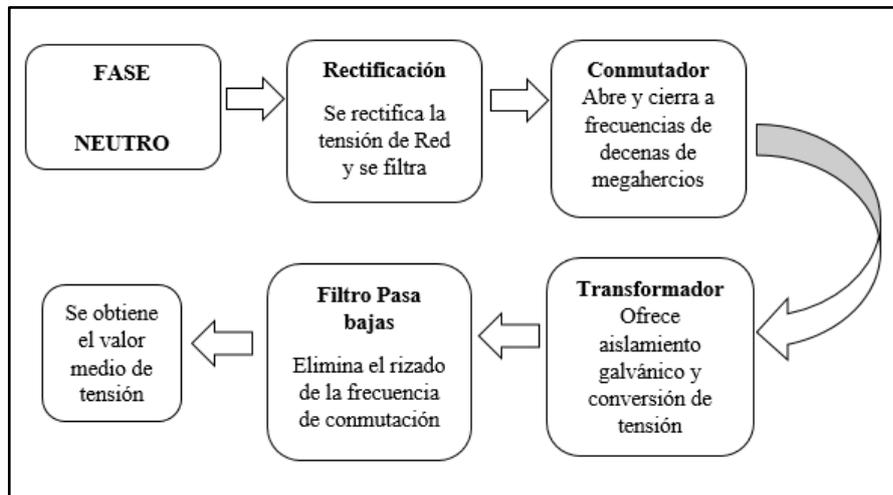


Figura 21-1: Esquema de funcionamiento de una fuente conmutable
Realizador por: REYES, Christian 2019

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se detalla el diseño de hardware y software del sistema, se especifica cada uno de las etapas que lo conforman, los componentes utilizados, sus características técnicas y el esquema electrónico implementado.

2.1. Requerimientos de diseño de hardware y software

Mediante el estudio realizado en el capítulo anterior se pueden definir los requerimientos de diseño para satisfacer el prototipo de impresora decoradora de alimentos aplicable en dulces de guayaba. A continuación, se presentan los requerimientos del hardware del sistema

Tabla 1-2: Descripción de los requerimientos técnicos del prototipo.

DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS
Dimensiones	40.00 x 44.00 x 49.50 cm
Peso	8 Kg
Materiales	Plástico, aluminio, acero inoxidable y tornillos metálicos
Extrusores	3
Boquilla	Diámetro 2 mm
Área de grabado	150 x 200 x 180 mm
Velocidad impresión	40 – 120 mm / s
Voltaje	110V/220V
Compatibilidad	Windows, Linux, Mac
Interfaz Gráfica	Si
Plataforma	Aluminio
Prototipo Portable	Si

Realizado por: REYES, Christian 2019

2.1.1. Consolidación General del prototipo

La concepción general se presenta en la figura 1-2. Se observa los elementos empleados para el desarrollo del prototipo permitiendo la impresión del diseño plasmado en alimentos en especial dulces de guayaba. La concepción se encuentra basada en 3 etapas que comprenden, primero, el diseño de la estructura mecánica y la parte de la extrusión para la selección de los componentes mecánicos. Por otro lado, la segunda etapa comprende el desarrollo del diseño electrónico el cual nos va a permitir que la maquina funcione correctamente con las características necesarias para realizar el trabajo deseado y la tercera etapa que es el software que nos permite realizar los diseños que se desea imprimir, así como también modificar los parámetros de control de la impresora. Además, se podrá visualizar el proceso en una pantalla LCD mostrando las configuraciones de funcionamiento, tiempos y datos de la máquina.

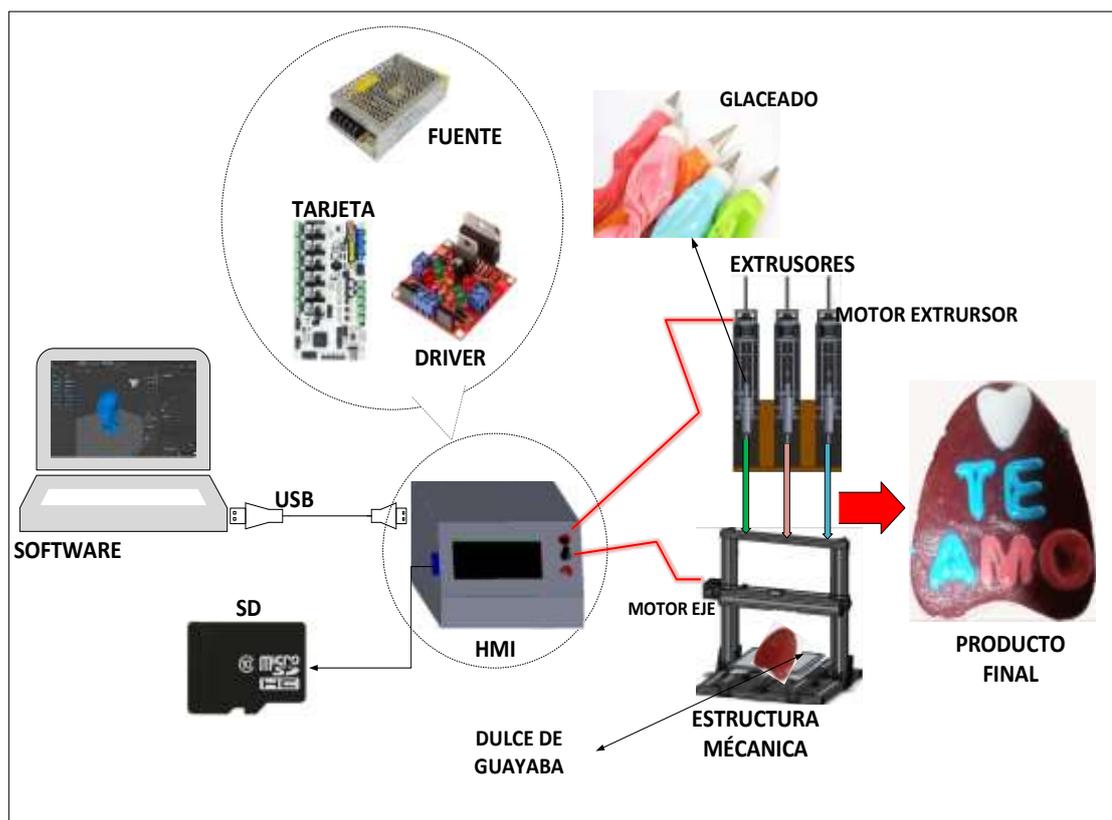


Figura 1-2: Concepción general del sistema
Realizado por: REYES, Christian 2019

2.2. Diseño de la arquitectura del prototipo

La arquitectura del dispositivo a implementar se lo da a conocer en la figura 2-2, donde se representa el diagrama de bloques del proceso para la concepción del prototipo. Conforma del bloque de diseño, en este el operario realiza los bocetos de acuerdo a su imaginación en el software. El bloque de almacenamiento guarda en una memoria lo realizado en el bloque anterior, todo esto está en código abierto. El siguiente bloque de lectura y procesamiento convierte las extensiones generadas por el software a un lenguaje que la máquina sea capaz de entender y procesar la información para pasar al siguiente bloque que es de ejecución en la cual la máquina realiza el diseño de forma autónoma siguiendo las instrucciones leídas. Todo esto sostenido por el bloque de alimentación.

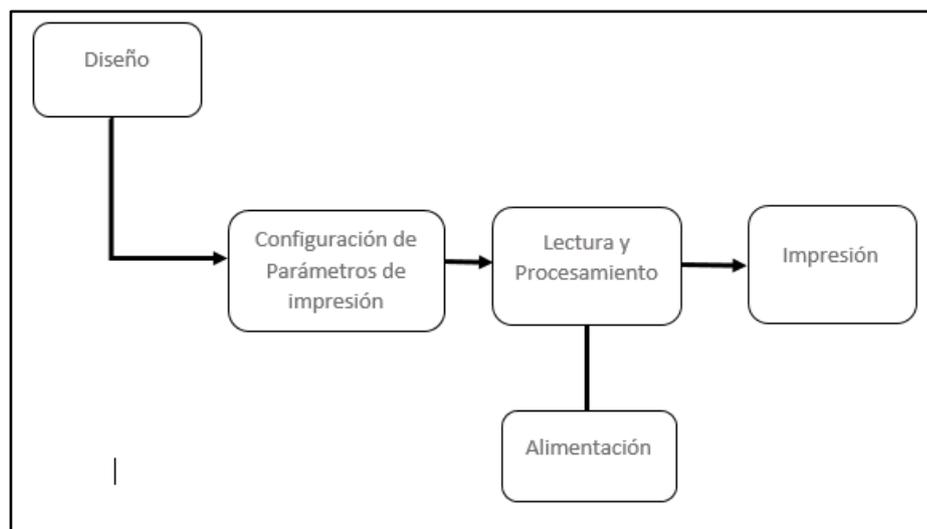


Figura 2-2: Diagrama de bloques del proceso para la consolidación del prototipo
Realizado por: REYES, Christian 2019

2.3. Diseño y construcción de las etapas del prototipo

Una vez definidas cada una de las etapas del prototipo, el cual consta de: Hardware, Software y Firmware se procede a diseñar y a construir cada una de ellas con los requerimientos necesarios.

2.3.1. Determinación y selección de elementos y componentes del sistema mecánico

2.3.1.1. Estructura Cartesiana

En la selección de componentes el primero a elegir es que tipo de estructura usar, tenemos dos tipos como se detalló en el capítulo 1 y la que presta las mejores características es la estructura de tipo cartesiana como se muestra en la figura 3-2 debido a que no necesita en el eje Z una altura muy grande: otra de las características por la cual se eligió este tipo es porque la superficie a imprimir tiene la forma semi triangular y la estructura delta se basa en impresiones en superficies cilíndricas.

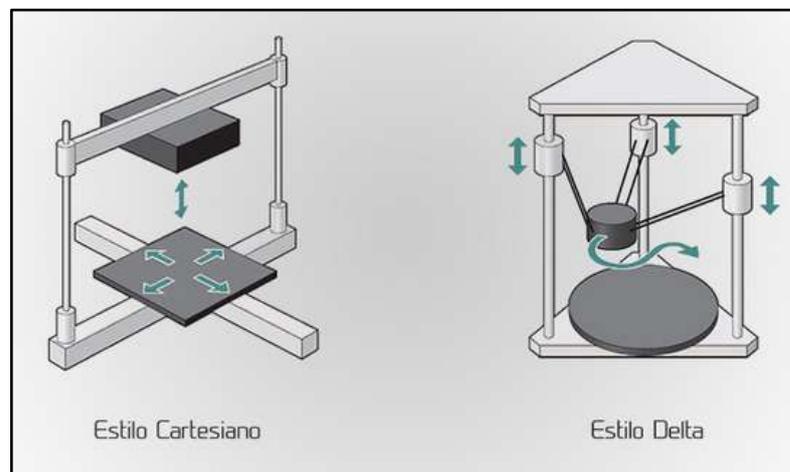


Figura 3-2: Estructuras Impresoras 3D

Fuente: <http://tecnoimpre3d.com/delta/>

2.3.1.2. Aluminio

Es uno de los elementos más abundantes en el planeta, así como también es el más utilizado para la construcción de estructura para impresoras 3D por sus propiedades como el bajo peso, baja densidad (2.700 kg/m³), resistencia a la corrosión, facilidad de formado y maquinado, así como también su apariencia es muy agradable y no requiere detalles finales para su estética.

Según la designación de los aceros el aluminio maneja un sistema de 4 dígitos, el primer dígito indica el tipo de aleación según el principal elemento presente, los dos últimos dígitos indican las centésimas del contenido de carbono nominal, y el segundo dígito si es diferente de cero indica modificaciones de otra aleación como se presenta en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Aleación por el principal elemento presente

Nº Primer Dígito	Aleación que contiene
1XXX	Aluminio al 99%
2XXX	Cobre
3XXX	Manganeso
4XXX	Silicio
5XXX	Magnesio
6XXX	Magnesio y Silicio
7XXX	Zinc

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5969/3/108T0150.pdf>

Realizado por: REYES, Christian 2019

A continuación, se presenta en la tabla 3-2 las aleaciones de aluminio y sus posibles aplicaciones.

Tabla 3-2: Aleaciones más comunes de aluminio

Aleación	Forma	Aplicación
1060	Tubo, placa, láminas	Tanques y Equipos químicos
1350	Lámina, alambre, perfiles, tubos, varillas, barra, perfiles	Conductores eléctricos
2014	Lámina, alambre, perfiles, tubos, varillas, barra, perfiles, piezas forjadas	Armazones de vehículo, estructuras de avión
2024	Lámina, placa, varilla, barra, perfiles, remaches, alambre, tubo	Ruedas, piezas de máquinas, estructura de avión.
2219	Lámina, alambre, perfiles, tubos, varillas, barra, perfiles, piezas forjadas	Piezas a altas temperaturas (600 °F)
3003	Lámina, alambre, perfiles, tubos, varillas, barra, perfiles, piezas forjadas	Equipo químico, tanques, utensilios de cocina, piezas arquitectónicas.
5052	Tubos hidráulicos, electrodomésticos, fabricaciones con láminas.	Lámina, placa, tubo, varilla, barra, alambre, remaches.

Fuente: Diseño de elementos de máquinas R. Mott

Realizado por: REYES, Christian 2019

2.3.1.3 Plástico PLA

Para la construcción de la máquina se imprime piezas en plástico PLA, el cual tiene como característica su resistencia, dureza y posee un excelente acabado, se diseñan engranajes

sujetadores de los extrusores, así como también otras piezas del sistema de extrusión y de la máquina como se presenta en la Figura 4-2.



Figura 4-2: Materiales impresos en 3D, en plástico PLA
Realizado por: REYES, Christian 2019

2.3.1.4 Correas dentadas o sincronas

Son las encargadas de comunicar el movimiento de los motores a pasos con las poleas para dar el movimiento. Para el presente trabajo, en la selección de la correa dentada se toma en cuenta las siguientes características mostradas a continuación en la tabla 4-2:

Tabla 4-2: Características de la correa dentadas

Correa GT2	
Características	Medida
Paso	2 mm
Ancho	6 mm
Altura de diente	0,75 mm
Material de construcción	Fibra de Vidrio Caucho neopreno
Dientes	16

Realizado por: REYES, Christian 2019

En la Figura 5-2 se muestra detalladamente las medidas de las diferentes correas dentadas. Donde se observa que la variable P viene a ser el paso de la correa, la cual se tomó muy en cuenta para la selección de esta pieza, ya que debe encajar en la polea. En nuestro caso se seleccionó el tipo MXL cuya aplicación es para tener una mejor precisión en el movimiento de los ejes X, Y, Z.

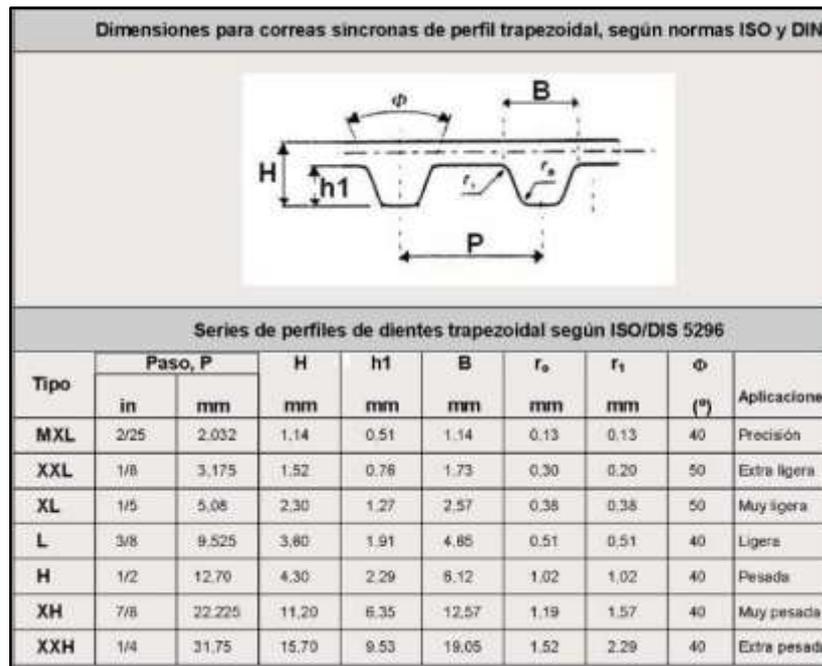


Figura 5-2: Dimensiones y tolerancias para correas dentadas

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

2.3.1.5 Poleas de transmisión

Como se presenta en la figura 6-2 se colocan en los engranes de las correas y en el eje de los motores. La elección de este material se basa en la correa a utilizar que sean compatibles con las medidas seleccionadas anteriormente. Como se muestra en la tabla 5-2.

Tabla 5-2. Características Poleas de Transmisión

Material	Aluminio
Diámetro externo	13 mm
Diámetro piñón dentado	9 mm
Eje interno:	5mm (Motor PaP NEMA17).
Paso de diente:	2mm.
Dientes.	20
Doble Flange.	
Especial para Correa dentada GT2, grosor de 6mm.	
Doble Tornillo prisionero Allen M3 para ajuste de eje.	

Realizado por: REYES, Christian 2019



Figura 6-2 Polea para motor a pasos

Fuente: https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product_id=821

2.3.1.6 Tornillo Sin Fin

Se utilizó un tipo de tornillo sin fin con hélices helicoidales como se presenta en la Figura 6-2, cuya función es la de permitir el desplazamiento de los diferentes ejes de la máquina, así como también brindar el desplazamiento de la jeringa contenedora del material de extrusión. Sus características principales se presentan en la Tabla 7-2.

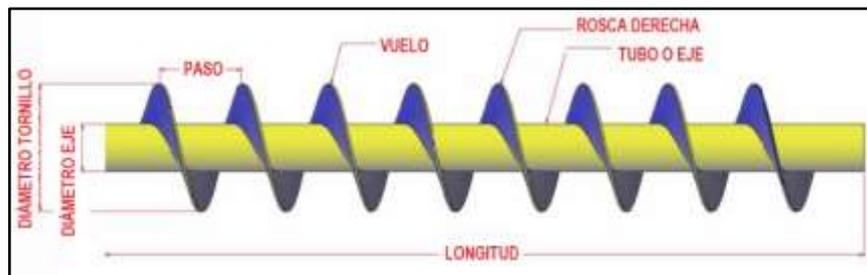


Figura 7-2: Tornillo sin fin

Fuente: https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product_id=821

Tabla 6-2: Características Tornillo Sin Fin

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Diámetro	10 mm
Longitud	300 mm
Paso	2 mm
Unidades	7

Realizado por: REYES, Christian 2019

2.3.1.7 Rodamientos

Son muy utilizados en aplicaciones industriales, en especial porque son elementos encargados de transmitir carga entre componentes rotatorios de elementos mecánicos. Para este trabajo se utiliza rodamientos para los ejes de la máquina, así como también para el final de los tornillos sin fin como se muestra a continuación en la Figura 8-2. Poseen las mismas o muy similares características que las poleas mencionadas anteriormente.



Figura 8-2: Rodamientos
Realizado por: REYES, Christian 2019

2.3.1.8 Varillas Niqueladas

Para la construcción de la máquina se utilizaron este tipo de varillas, las cuales permiten que el eje Y, como el sistema de extrusores se deslicen de forma fácil con la parte de transmisión del motor con la polea y la correa dentada, así también con el tornillo sin fin en el caso de los extrusores. Sus dimensiones son: 10 mm de diámetro y 30 mm de longitud como se muestra a continuación en la Figura 9-2.



Figura 9-2: Varillas Niqueladas
Realizado por: REYES, Christian 2019

2.3.1.9 Acoplamiento de eje

Este componente nos ayuda a transmitir movimiento del motor a pasos al tornillo sin fin y es sujetado con dos tornillos prisioneros, los cuales no permiten que los componentes introducidos se deslicen y no cumpla el movimiento deseado, como se muestra en la figura 10-2. Para la selección de este componente se toma en cuenta el diámetro del rotor del motor a pasos y el diámetro del tornillo sin fin, posee las siguientes características mostradas a continuación en la Tabla 7-2.



Figura 10-2: Acoplamiento
Realizado por: REYES, Christian 2019

Tabla 7-2: Características del acoplamiento de eje de motor

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Diámetro	10 mm
Longitud	300 mm
Diámetro para motor	2 mm
Diámetro para tornillo	7
Prisioneros	2

Fuente: REYES, Christian 2019

2.3.1.10 Diseño e implementación de extrusores

Para el diseño de la parte extrusora de material dulce de decoración de dulces de guayaba se analiza el mercado en busca de sistemas que pudieran realizar este tipo de estrujado de material viscoso y dulce, lo cual no se encuentra y se procede a diseñar el sistema con las características que demanda el decorado de este tipo de alimentos, que se detalla a continuación en este apartado.

Se realiza tres extrusores, uno para cada color a utilizar, este sistema en su mayoría los elementos fueron impresos en 3D con plástico PLA como se muestra en la Figura 11-2.

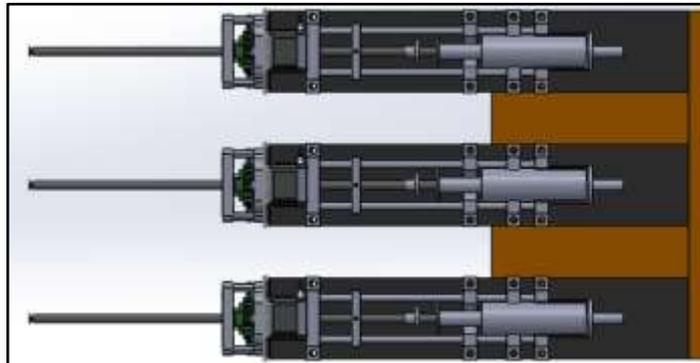


Figura 11-2: Extrusores
Realizado por: REYES, Christian 2019

- **Diseño mecánico de engranajes**

Debido a que se utilizará un material viscoso el motor debe realizar un esfuerzo más grande para lograr mover el dulce de la tolva y que salga según las cantidades necesarias para la decoración, para ello se ha diseñado un sistema de engranajes que permitan reducir la velocidad del motor, así también el consumo de corriente y evitar molestos ruidos de un motor sobredimensionado.

Se desea reducir la velocidad del motor en un 50% por lo que se utiliza un mecanismo reductor. Para ello se utiliza los siguientes cálculos:

Relación de Transmisión:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{2}{1} = 2 \quad (1)$$

Donde n_1 = número de vueltas rueda conducida y n_2 = número de vueltas rueda motriz

- **Piñón**

Para el diseño de las ruedas dentadas para transmisión de potencia se utilizó engranajes rectos de ejes paralelos porque para estos tipos de sistemas de potencia se recomienda este ejemplar de transmisión. Se diseña de acuerdo al número de dientes del piñón:

Tabla 8-2: Módulos normalizados

MÓDULO (mm)	Pd Equivalente	Pd Normalizado más cercano (Dientes/Pulg)
0.3	84.667	80
0.4	63.500	64
0.5	50.800	48
0.8	31.750	32
1	25.400	24
1.25	20.320	20
1.5	16.993	16
2	12.700	12
2.5	10.160	10
3	8.4666	8
4	6.3500	6
5	5.080	5
6	4.233	4

Realizador por: REYES, Christian 2019

En la Figura 12-2 se muestra las partes de un engranaje que son calculadas a continuación:

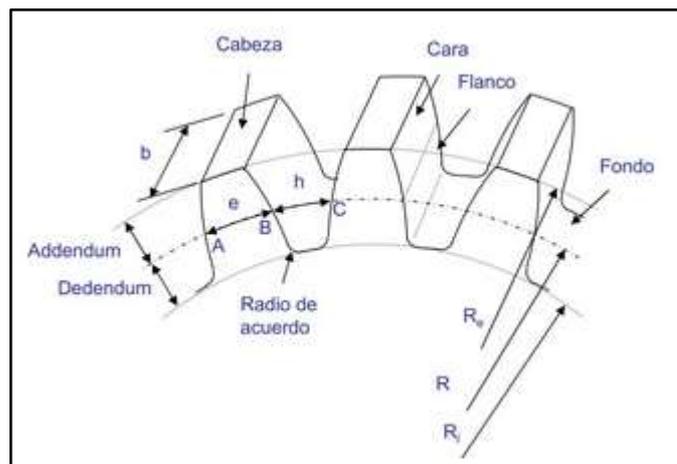


Figura 12-2: Partes de un engranaje

Realizado por: REYES, Christian 2019

DATOS:

Número de dientes piñón: 15

Número de dientes engranaje: 30

Módulo: 2 mm

Cálculo del addendum

$$a = \frac{1}{pd} = \frac{1}{12.7 \frac{1}{\text{Pulg}}} * \frac{25.4 \text{ mm}}{\text{Pulg}} \quad (2)$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

Cálculo dedendum

$$b = \frac{1.25}{Pd} \quad (3)$$

$$b = \frac{1.25}{12.7 \frac{1}{\text{Pulg}}} * \frac{25.4 \text{ mm}}{\text{Pulg}}$$

$$b = 2.5 \text{ mm}$$

Cálculo diámetro Primitivo

$$dp = \frac{N^{\circ} \text{ dientes Engranaje}}{Pd} \quad (4)$$

$$dp = \frac{15}{12.7 \frac{1}{\text{Pulg}}} * \frac{25.4 \text{ mm}}{\text{Pulg}}$$

$$dp = 30 \text{ mm}$$

Se halla el diámetro primitivo para proceder al diseño del engranaje como se muestra a continuación en la Figura 13-2.

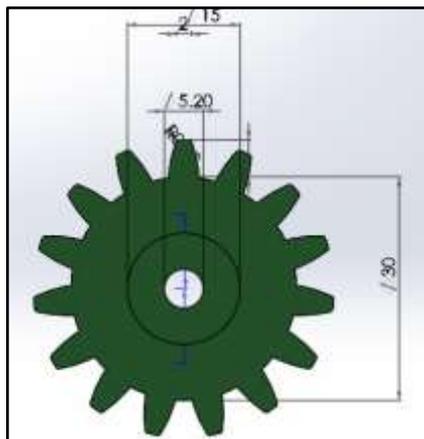


Figura 13-2: Piñón
Realizado por: REYES, Christian 2019

- **Engranaje**

Se denomina engranaje al anillo dentado de mayor diámetro, el cual es calculado el número de dientes y la velocidad de giro de acuerdo con las necesidades de velocidad del tornillo sin fin para la extrusión del material. En la Figura 14-2 se detalla el diseño del engranaje con sus medidas.

Cálculo diámetro Primitivo

$$dp = \frac{N^{\circ} \text{dientes Engranaje}}{Pd} \quad (5)$$

$$dp = \frac{30}{12.7 \frac{1}{\text{Pulg}}} * \frac{25.4 \text{ mm}}{\text{Pulg}}$$

$$dp = 60 \text{ mm}$$

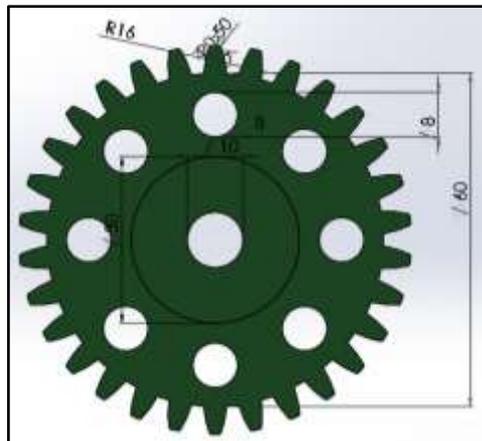


Figura 14-2: Engranaje con dientes rectos
Realizador por REYES, Christian 2019

2.3.1.11 Husillo de engranaje para tornillo sin fin

Su función es de brindar un desplazamiento lineal del tornillo sin fin, en este trabajo de los extrusores se necesita precisión al momento del movimiento para que se empuje las cantidades necesarias, correctas y precisas para que el diseño se plasme de la mejor manera y con mucha precisión. En la figura 15-2 se presenta el ejemplar utilizado.



Figura 15-2: Husillo para tornillo
Realizador por: REYES, Christian 2019

2.3.1.12 Base para motor

Para la base del motor se usa un diseño impreso en 3D con las medidas necesarias para sujetar el motor y el sistema de transmisión de engranajes, de material plástico, liviano y resistente que evite las posibles vibraciones del motor que se muestra en la Figura 16-2.

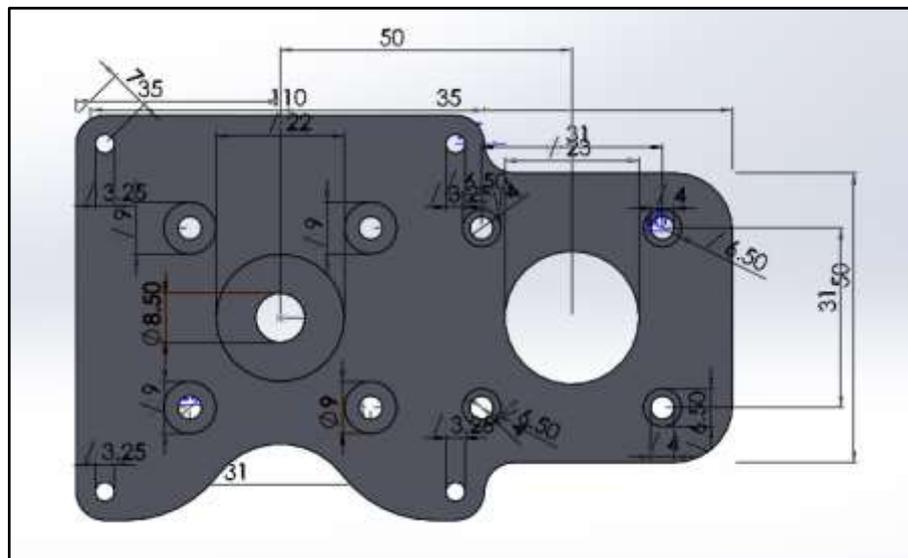


Figura 16-2: Base para motor y sistema de engranajes
Realizador por : REYES, Christian 2019

2.3.1.13 Base Sistema de extrusión

Para sostener el sistema de extrusión de igual manera se diseña e imprime la base con las medidas necesarias para que encajen cada una de las piezas, tornillos y cobertores. Se utiliza tres bases, una para cada extrusor con una longitud de 300 mm. Como se muestra a continuación en la figura 17-2.

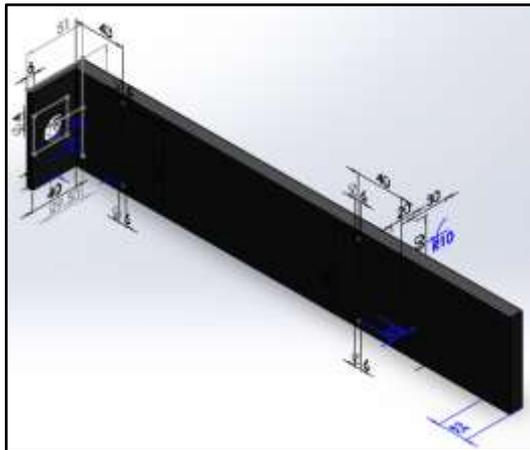


Figura 17-2: Base del sistema de extrusión

Realizador por: REYES, Christian 2019

2.3.1.14 Base para jeringa de extrusión

Es una parte fija del sistema como se muestra en la figura 18-2. La cual ayuda a sujetar la tolva contenedora del material a extruir. Su función es mantener inmóvil a la jeringa que no tenga movimientos laterales que desvíen su trayectoria para evitar posibles daños en la impresión del diseño.

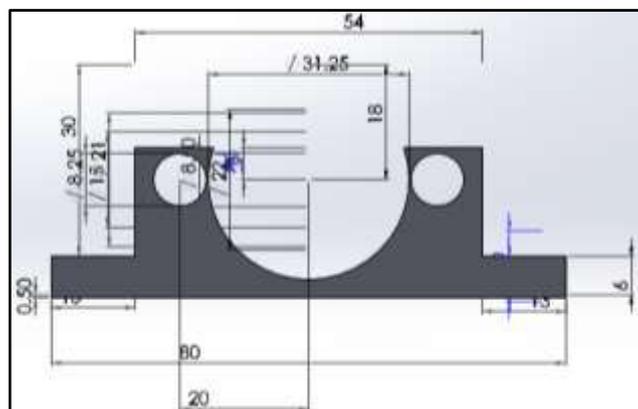


Figura 18-2: Base contenedora de jeringa de extrusión

Realizador por: REYES, Christian 2019

2.3.1.15 Base porta jeringa

De igual manera para tener mejor agarre del sistema final de extrusión se diseña este sistema que permite que no se salga de su lugar la jeringa con el material. Para brindar un mejor soporte al mismo. Se muestra a continuación en la Figura 19-2.

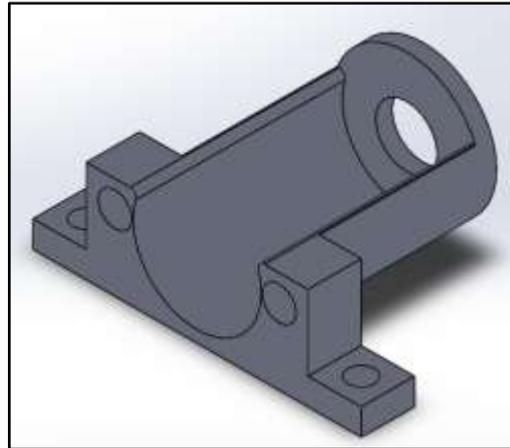


Figura 19-2: Base porta jeringa de extrusión
Realizador por: REYES, Christian 2019

2.3.1.16 Soporte de guía

Esta pieza tiene la función de sujetar tanto las varillas niqueladas como el tornillo sin fin y que el sistema tenga rigidez para soportar el movimiento mecánico y no tenga fallas en el diseño final. Cuenta también con dos tornillos prisioneros para sujetar el tornillo móvil como se presenta en la figura 20-2.

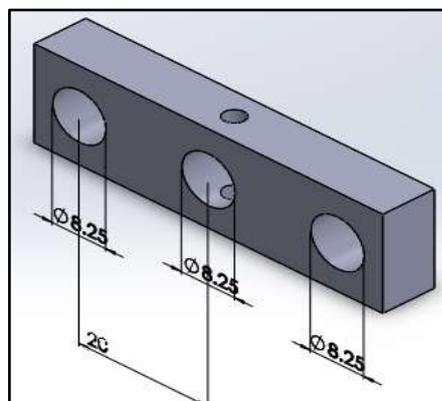


Figura 20-2: Soporte para varillas fijas y móviles
Realizador por: REYES, Christian 2019

2.3.1.17 Jeringa extrusora

Es de tipo cilíndrico, de acero inoxidable, el indicado para manipular alimentos; contiene el material (dulce) que va a ser extruido mediante el sistema mecánico de motor, tornillo y engranes, como se muestra en la Figura. 21-2.

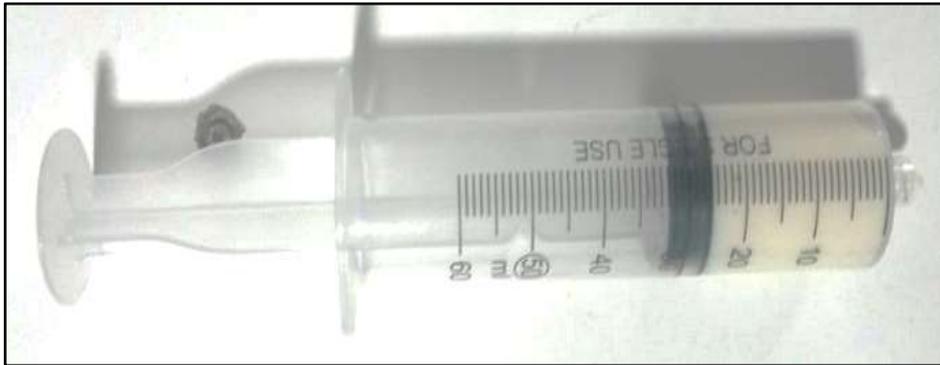


Figura 21-2: Jeringa extrusora de material dulce
Realizador por: REYES, Christian 2019

Tiene un volumen de:

$$V = \pi r^2 h \quad (6)$$

$$V = \pi * (3)^2 * 10$$

$$V = 282.75 \text{ cm}^3$$

2.3.1.18 Tapa y base de tapa para motor

En la Figura 22-2 se muestra el diseño de la tapa y base para motor la cual se usa de recubrimiento y soporte para el sistema de engranajes del extrusor, sirve para que no pueda ser manipulado frenando el movimiento del engrane o la entrada de algún tipo de objeto en el mismo, así como también sirve para dar el movimiento al tornillo sin fin que gira de acuerdo al movimiento del motor.

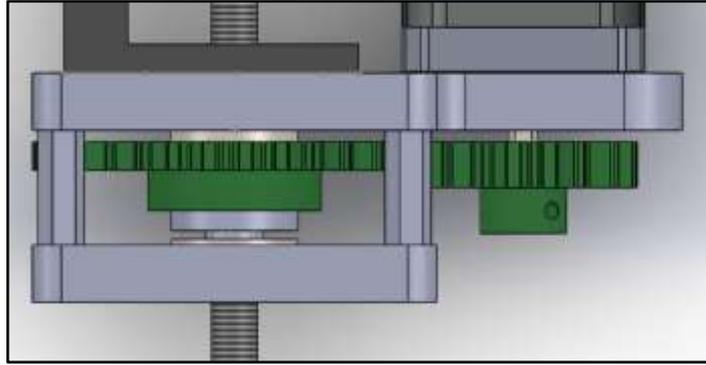


Figura 22-2: Tapa y base de tapa para recubrimiento de engranes
Realizador por: REYES, Christian 2019

2.3.1.19 Manguera plástica transportadora

Se utiliza este material no tóxico de pvc plastificado, como se muestra en la Figura 23-2. óptimo para el contacto con alimentos por la facilidad de manipulación ya que debe transportar el material desde la tolva (jeringa) del sistema de extrusores a la boquilla final la que se encarga del movimiento en los ejes para el decorado. El rango de temperatura va desde los -5°C hasta los $+60^{\circ}\text{C}$ y tiene un diámetro de media pulgada.

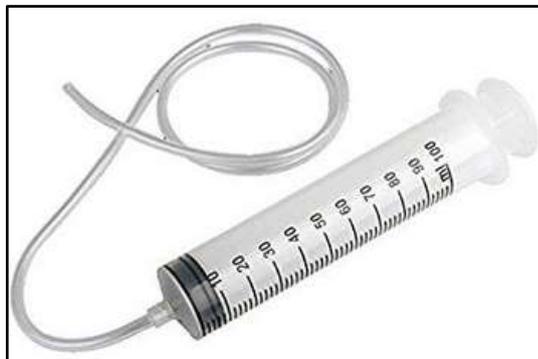


Figura 23-2: Manguera transportadora de material
Realizador por: REYES, Christian 2019

2.3.2 Diseño e implementación del sistema eléctrico y electrónico

2.3.2.1 Motor Nema 17

Se selecciona este motor tomando en cuenta las características del fabricante que nos ofrece y que cumplen las necesidades para cubrir con las funciones que el sistema necesita como son:

movimientos precisos de los ejes X, Y, Z, así como también los movimientos de los extrusores. En la Tabla 9-2 se muestra las características de este motor.

Tabla 9-2: Descripciones y características de un motor Nema 17

Descripción	Característica
Tipo:	Bipolar
Voltaje:	12V
Corriente:	1.7 A
Torque:	4000g/cm.
Modelo:	17HS4401, 17HS series size 42mm
Ángulo de pasos de:	1.8 Grados
No. Pasos:	200
No. de Cables:	4
Resistencia de la fase:	1.5 ohm
Inductancia de la bobina:	2.8 mH
Largo de cableado:	25 Cm aprox.
Eje de:	5mm Diámetro/ 20 mm de Largo.
Conexiones:	AZUL: B- / VERDE: A- ROJO: A+ / AMARILLO: B+

Realizado por: REYES, Christian 2019

- **Cálculos para movimientos de los ejes del sistema**

Para el movimiento de los ejes se utiliza correas dentadas, rodamientos y tornillos sin fin.

En los ejes para el cálculo de pasos por milímetro se utilizaron las siguientes fórmulas:

DATOS:

PPV = Pasos por Vuelta=200

MP=Micropasos Driver= 32

DESARROLLO:

$$\text{Micropasos} = \text{PPV} * \text{MP} \quad (7)$$

$$\text{Micropasos} = 6400$$

Esto quiere decir que el motor tiene que dar 6400 micropasos para dar una vuelta completa.

Polea del motor

DATOS:

PPD = Paso dientes= 2mm

ND=Número de dientes correa= 20

Desarrollo:

$$Distancia = PPD * ND \quad (8)$$

$$Distancia = 40 \text{ mm}$$

PASOS POR mm

$$Pasos \text{ por } mm = \frac{pasos \text{ por } vuelta * micropasos \text{ por } cada \text{ paso}}{Dientes \text{ correa} * paso \text{ diente correa}} \quad (9)$$

$$Pasos \text{ por } mm = \frac{200 * 32}{20 * 2mm}$$

$$Pasos \text{ por } mm = 160$$

160 son los pasos por cada milímetro que debe dar el motor.

Cálculo para tornillos sin fin y husillos

Para este sistema de varilla roscada o tornillo sin fin se utiliza una del tipo de métrica 8 M8, el cual vienen dado sus valores estándares de un avance de 1.25 mm por vuelta totalmente calibrado.

$$Pasos\ por\ mm = \frac{pasos\ por\ vuelta * micropasos\ por\ paso}{mm\ por\ vuelta\ varilla} \quad (10)$$

$$Pasos\ por\ mm = \frac{200 * 32}{1.25\ mm}$$

$$Pasos\ por\ mm = 5120$$

Esto quiere decir que el sistema de tornillo sin fin y husillo debe dar 5120 micro pasos para desplazarse 1 mm. Todos estos cálculos deben ser introducidos en el firmware de la tarjeta controladora para poder tener una buena precisión en los movimientos de los ejes.

Cálculo sistema de extrusión

Datos:

Z1= Número de dientes piñón= 15

Z2= Número de dientes Engranaje= 30

Dm= Diámetro del tornillo = 8 mm

Desarrollo:

Se procede a calcular la relación de transmisión entre los engranes (r)

$$r = \frac{Z2}{Z1} \quad (11)$$

$$r = \frac{30}{15}$$

$$r = 2$$

Esto quiere decir que tiene que dar 2 vueltas en el motor, para que el tornillo con las muescas avance 1 vuelta.

Pasos por milímetro

$$\text{Pasos por mm} = \text{Pasos por vuelta} * \text{micropasos por paso} * \frac{\text{Dientes rueda grande}}{\text{Dientes rueda pequeña}} \frac{1}{\text{Diámetro tornillo} * \pi} \quad (12)$$

$$\text{Pasos por mm} = 200 * 32 * \frac{30}{8 \text{ mm} * \pi}$$

$$\text{Pasos por mm} = 509.3$$

2.3.2.2 Final de Carrera

Este tipo de sensor de contacto se utiliza para poder controlar el final del recorrido de un elemento móvil, en nuestro caso los ejes X, Y, Z, brinda una ayuda para que los motores que llevan los ejes puedan saber cuándo culminar su recorrido y frenar para pasar a la siguiente acción que sea programada.

Se usa los finales de carrera de tipo normalmente cerrado porque brinda más seguridad para el control de los motores como se muestra en la figura 24-2.

En la Tabla 10-2 se muestra las características técnicas del final de carrera.

Tabla 10-2: Características final de carrera

Descripción	Características
Corriente máx.	5 A
Voltaje AC	125 V
Voltaje DC máx.	14 V
Rango de temperatura	-25°C a 85°C
Material	Metal y plástico
Dimensiones	20X10X6 mm

Realizado por: Reyes, Christian 2019

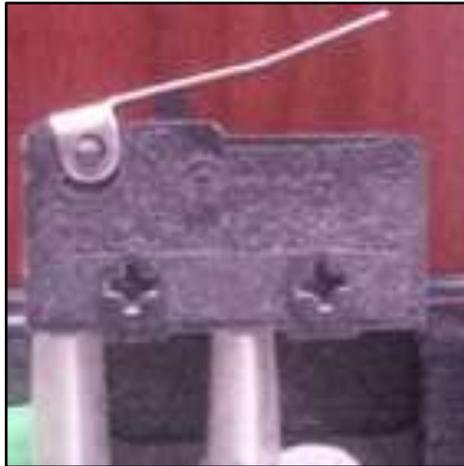


Figura 24-2: Final de carrera
Realizado por: REYES, Christian 2019

2.3.2.3 Drivers motores a pasos A4988

En la selección de este componente esencial del sistema se toma en cuenta la comparativa descrita en el capítulo anterior en la Tabla 2-1. Va montado en la tarjeta controladora. El driver A4988 se acerca más a las características necesarias para funcionar con normalidad y sin sobredimensionamientos en los parámetros como corriente y tensión. En la figura 25-2 de detalla el diagrama de conexión del driver con un motor.

Se calibra la corriente en el potenciómetro del driver para los motores de los ejes. En el anexo A se muestra las características técnicas de este driver controlador.

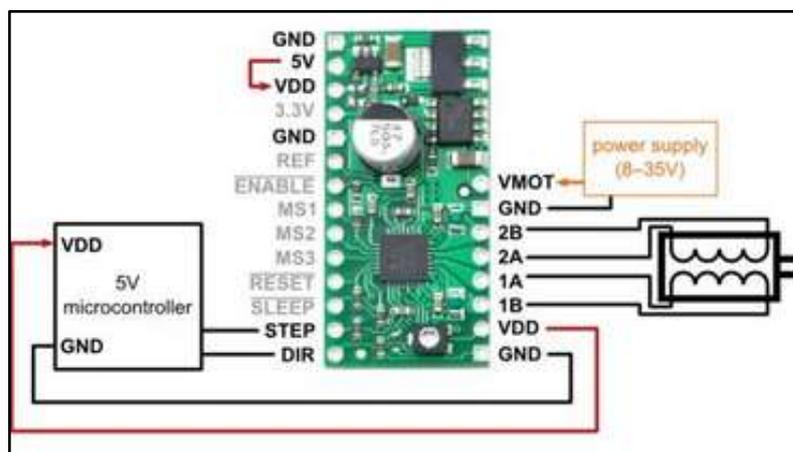


Figura 25-2: Conexión del driver con un motor a pasos.
Realizador por: REYES, Christian 2019

2.3.2.4 Tarjetas controladoras

En el capítulo 1, en la tabla 1-2 se presenta las características más relevantes de las tarjetas controladoras, donde se puede apreciar que la mejor opción es la tarjeta Rumba plus ya que por su tamaño más grande permite conectar mayor número de dispositivos, posee mayor procesamiento que las otras dos tarjetas comparadas, así como tres extrusores, uno más que las otras dos y un driver extra de motores a pasos los cuales nos ayuda a cumplir los requerimientos establecidos para este trabajo de titulación. Otros de los puntos por la cual se selecciona esta tarjeta es porque trabaja independientemente de un arduino como se puede visualizar en la Figura 26-2. Para la programación de este controlador de la impresora se realiza en el software de arduino.

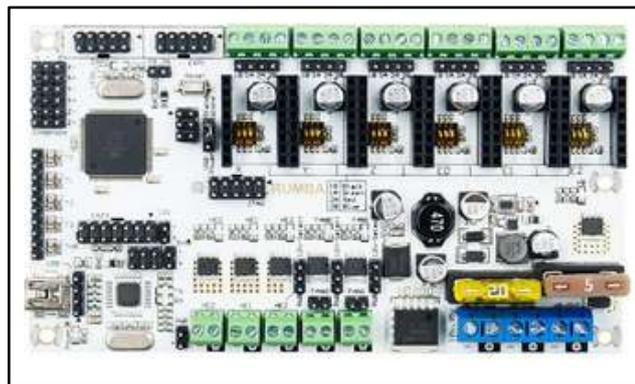


Figura 26-2: Tarjeta controladora Rumba plus
Realizador por: REYES, Christian 2019

2.3.2.5 Display LCD

Se utiliza un display de dimensiones 128X64 primero por la compatibilidad con la tarjeta Rumba que se está usando, segundo por su programación sencilla y la interfaz que ofrece al usuario de ser muy llamativa por su tamaño.

Esta interfaz usuario máquina nos permite visualizar, así como también controlar y realizar cambios en su totalidad del sistema como por ejemplo: Calibrar motores, velocidades, número de pasos de los motores, controlar extrusores, modificar brillo y contraste del lcd, nos muestra información actual de la máquina como temperaturas, posiciones de los ejes X, Y, Z, lectura de

tarjeta SD entre otros. Como se muestra en la figura 27-2. Nos permite poder utilizar la máquina bien sea con conexión a una computadora o sin conexión con la ayuda de una micro SD.



Figura 27-2: Pantalla lcd del Sistema
Realizador por: REYES, Christian 2019

2.3.2.6 Fuente de poder

Se opta por usar una fuente S-360-12. Como se muestra en la figura 28-2. Sus principales características de salida son $V=12\text{ V}$; corriente 15 A. Es la parte fundamental de la impresora de alimentos, ya que en ella se conecta los elementos más importantes como son la tarjeta controladora Rumba, el display lcd, su adquisición fue por las características de voltaje, corriente y potencia que la máquina consume y cumple con todo el requerimiento de los elementos para su correcto funcionamiento. En la Tabla 11-2 se resumen las características de esta fuente de alimentación.



Figura 28-2: Realizador por de poder
Realizador por: REYES, Christian 2019

Tabla 11-2. Características Fuente de poder S-360

	Descripción	Características
SALIDA	Voltaje DC	12V
	Tolerancia V	±1%
	Rango de Corriente	30 A
	Potencia	360 W
	Ondulación Ruido	120 mvp-p
ENTRADA	Rango Voltaje	90-132 VAC/170-264 VAC
	Frecuencia	47-63 Hz
	Corriente AC max	6.5A/115V; 4ª/230 VAC
	Eficiencia	83%
	Afluencia Corriente	40 A
PROTECCIÓN	Sobrecarga, cortocircuito	105%-150% Regreso de corriente
OTROS	Dimensiones	215*115*50 mm

Realizado por: Reyes, Christian 2019

2.4 Requerimientos de diseño del software del sistema

Para este apartado se utilizan herramientas de programación, diseño CAD, edición y control las cuales serán descritas a continuación.

2.4.1 IDE Arduino 1.8.8

Es un software de programación que utiliza la tarjeta Rumba plus debido a que posee un micro chip Atmega 2560 único de arduino, el cual comunica el software con el firmware y el hardware del sistema mediante líneas de programación escritas en lenguaje bajo y que procesa y transmite lo escrito a la parte física de hardware. Editor que será utilizado en la programación del firmware que controla a la impresora, el cual se detalla a continuación.

2.4.2 Firmware Marlin

Es el firmware de código abierto que se utiliza para controlar a impresoras 3D, así como también máquinas CNC entre otras que necesitan precisión.

Con marlyn se puede controlar hardware como: Motores a pasos, Extrusores, pantalla lcd, finales de carrera, todo lo que tiene la impresora de decoración; Lo que hace Marlyn es leer la lista de comandos G-CODE, línea a línea, y va convirtiendo cada comando en los pulsos necesarios para mover y controlar cada uno de los dispositivos.

Su programación es en la plataforma arduino, ya que se maneja con un sistema operativo Atmega 2560, en la cual contiene líneas de código para controlar cada uno de los elementos de la impresora. Al usar una placa con un microprocesador la máquina decoradora puede funcionar independientemente de una computadora.

En la figura 29-2 se visualiza el diagrama de flujo utilizado para el firmware.

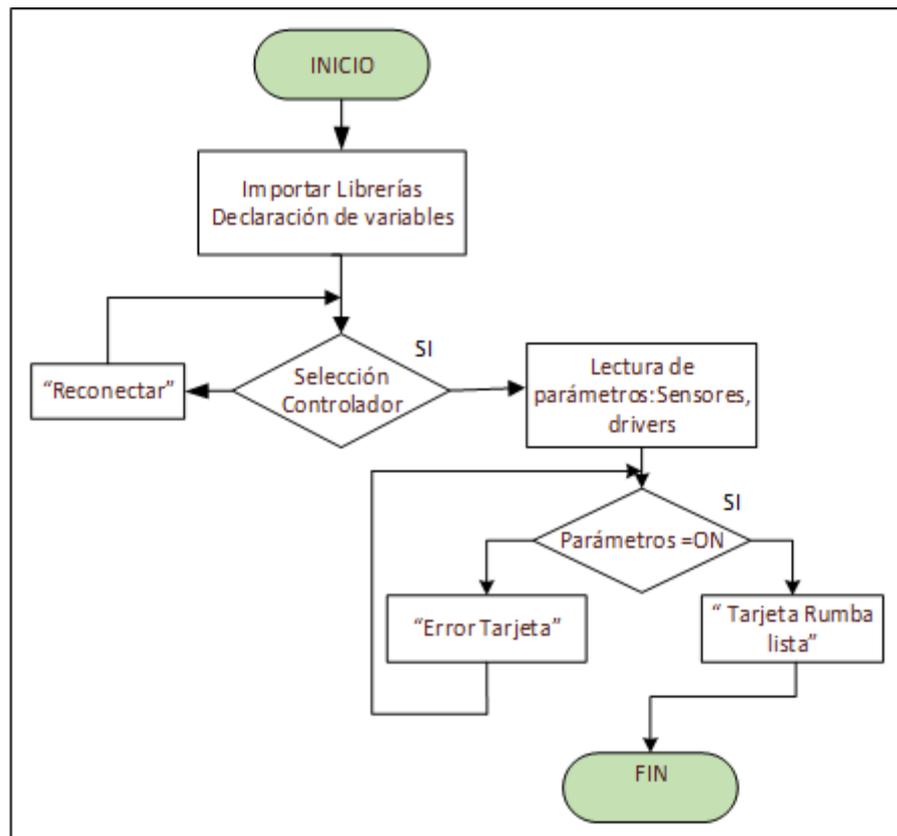


Figura 29-2: Diagrama de Flujo Firmware
Realizador por: REYES, Christian 2019

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 29-2.

Se añade la librería llamada (U8glib-1.19.1) la cual nos permite manejar la pantalla lcd con esta tarjeta controladora. En la figura 30-2 se muestra como añadir dicha librería. Una vez añadida procedemos a cargar y a compilar el programa, si no tiene ningún error lo hará con normalidad.

Se debe seleccionar la tarjeta de arduino mega debido a que estamos trabajando con el procesador atmega 2560. Así como también se debe verificar el puerto en el que está conectado con la tarjeta.

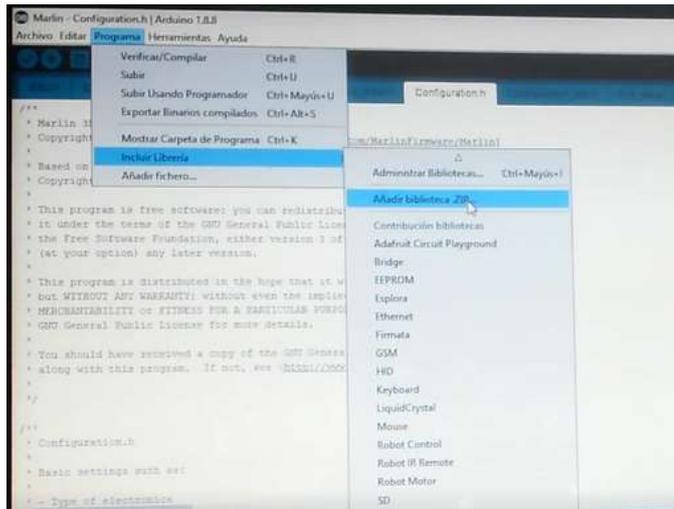


Figura 30-2: Añadir librerías LCD
 Realizado por: REYES, Christian 2019

Podemos observar que la pantalla tiene varias pestañas, cada una contiene líneas de códigos programados para cada parte física de la impresora. Se trabaja únicamente en la pestaña (configuración.h). Como se muestra en la figura 31-2.



Figura 31-2: Pestaña a configurar
 Realizado por: REYES, Christian 2019

Los parámetros que se modifica del código abierto original son los que se muestran a continuación:

Lo primero que se observa es que tipo de estructura usar, se selecciona la cartesiana.

Después siguiendo las líneas de código configuramos primero la velocidad de transmisión de 250000 Baudios, luego se define la tarjeta controladora que usamos, en nuestro caso ocupamos la RUMBA como se muestra en la Figura 32-2.

```
#define BAUDRATE 250000

// Enable the Bluetooth serial interface on AT90USB devices
//#define BLUETOOTH

// The following define selects which electronics board you have.
// Please choose the name from boards.h that matches your setup
#ifndef MOTHERBOARD
  #define MOTHERBOARD BOARD_RUMBA
#endif
```

Figura 32-2: Configuración de velocidad y selección de tarjeta Rumba
Realizado por: REYES, Christian 2019

Para la parte de los extrusores se define que se usa tres y se lo describe en la línea de comandos como se muestra en la figura 33-2

```
// This defines the number of extruders
// :[1, 2, 3, 4, 5]
#define EXTRUDERS 3
```

Figura 33-2: Configuración del número de extrusores
Realizado por: REYES, Christian 2019

Posterior se elige que tipo de fuente de poder se utiliza, en nuestro caso se usa una ATX con la finalidad de informarle a la tarjeta que consta este tipo de Fuente. Como se muestra en la Figura 34-2.

```

#define POWER_SUPPLY 1

#if POWER_SUPPLY > 0
  // Enable this option to leave the PSU off at startup.
  // Power to steppers and heaters will need to be turned on with M80.
  //#define PS_DEFAULT_OFF

  //#define AUTO_POWER_CONTROL      // Enable automatic control of the PS_ON pin
  #if ENABLED(AUTO_POWER_CONTROL)
    #define AUTO_POWER_FANS         // Turn on PSU if fans need power
    #define AUTO_POWER_E_FANS
    #define AUTO_POWER_CONTROLLERFAN
    #define POWER_TIMEOUT 30
  #endif
#endif

```

Figura 34-2: Selección de fuente de poder

Realizado por: REYES, Christian 2019

Se modifica la parte del EXTRUDE_MINTEMP de 170 que estaba en el código original a 0 porque no usamos termistores y no necesitamos el control de temperatura.

También se selecciona el número de finales de carrera como se muestra en la Figura 35-2.

```

#define USE_XMIN_PLUG
#define USE_YMIN_PLUG
#define USE_ZMIN_PLUG
//#define USE_XMAX_PLUG
//#define USE_YMAX_PLUG
//#define USE_ZMAX_PLUG

// Enable pullup for all endstops to prevent a floating state
#define ENDSTOPPULLUPS
#if DISABLED(ENDSTOPPULLUPS)
  // Disable ENDSTOPPULLUPS to set pullups individually
  //#define ENDSTOPPULLUP_XMAX
  //#define ENDSTOPPULLUP_YMAX
  //#define ENDSTOPPULLUP_ZMAX
  //#define ENDSTOPPULLUP_XMIN
  //#define ENDSTOPPULLUP_YMIN
  //#define ENDSTOPPULLUP_ZMIN
  //#define ENDSTOPPULLUP_ZMIN_PROBE
#endif

```

Figura 35-2: Selección de sensores finales de carrera

Realizado por: REYES, Christian 2019

Para modificar las velocidades de los motores de los ejes y extrusores en las siguientes líneas de código se programa según los cálculos que se realizó de pasos y velocidades de los motores como se muestra en la Figura 36-2.

```
*                               X, Y, Z, E0 [, E1[, E2[, E3[, E4]]]]
*/
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 80, 80, 400, 80, 80, 80 }

/**
 * Default Max Feed Rate (mm/s)
 * Override with M203
 *                               X, Y, Z, E0 [, E1[, E2[, E3[, E4]]]]
 */
#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE { 300, 300, 5, 10, 10, 10 }

/**
 * Default Max Acceleration (change/s) change = mm/s
 * (Maximum start speed for accelerated moves)
 * Override with M201
 *                               X, Y, Z, E0 [, E1[, E2[, E3[, E4]]]]
 */
#define DEFAULT_MAX_ACCELERATION { 1200, 1200, 75, 75, 75, 75 }
```

Figura 36-2: Configuración de pasos y velocidades de los motores a pasos
Realizado por: REYES, Christian 2019

Es turno de la pantalla lcd, donde se modifica el lenguaje, el lector de tarjeta SD, y el tipo de pantalla lcd que se usa. En la Figura 37-2 se muestra los parámetros modificados.

```
#define LCD_LANGUAGE es

#define REPRAP_DISCOUNT_SMART_CONTROLLER
```

Figura 37-2: Configuración del lenguaje pantalla lcd
Realizado por: REYES, Christian 2019

Se realiza un resumen de los parámetros modificados, marcados y desmarcados los que no se usan para configurar la tarjeta a las necesidades de hardware a controlar.

2.4.3 Solidworks

Este software de diseño de ingeniería es muy utilizado para crear objetos para impresoras 3D. Es muy útil para el diseño de los bosquejos a plasmar en la superficie del dulce de guayaba, en ésta podemos realizar cualquier tipo de diseño de acuerdo a la imaginación y creatividad del diseñador, se puede utilizar textos, figuras prediseñadas, etc. Para poder utilizar los tres extrusores de colores diferentes debemos hacer en un archivo STL cada diseño y en el software MatterControl poder unir los bosquejos y escoger los colores a plasmar.

En este programa se diseñó la parte mecánica y parte electrónica del prototipo de impresora decoradora de alimentos, muy útil para el ensamblaje físico de las piezas y elementos a utilizar. En la figura 38-2 se muestra el diseño de la máquina.

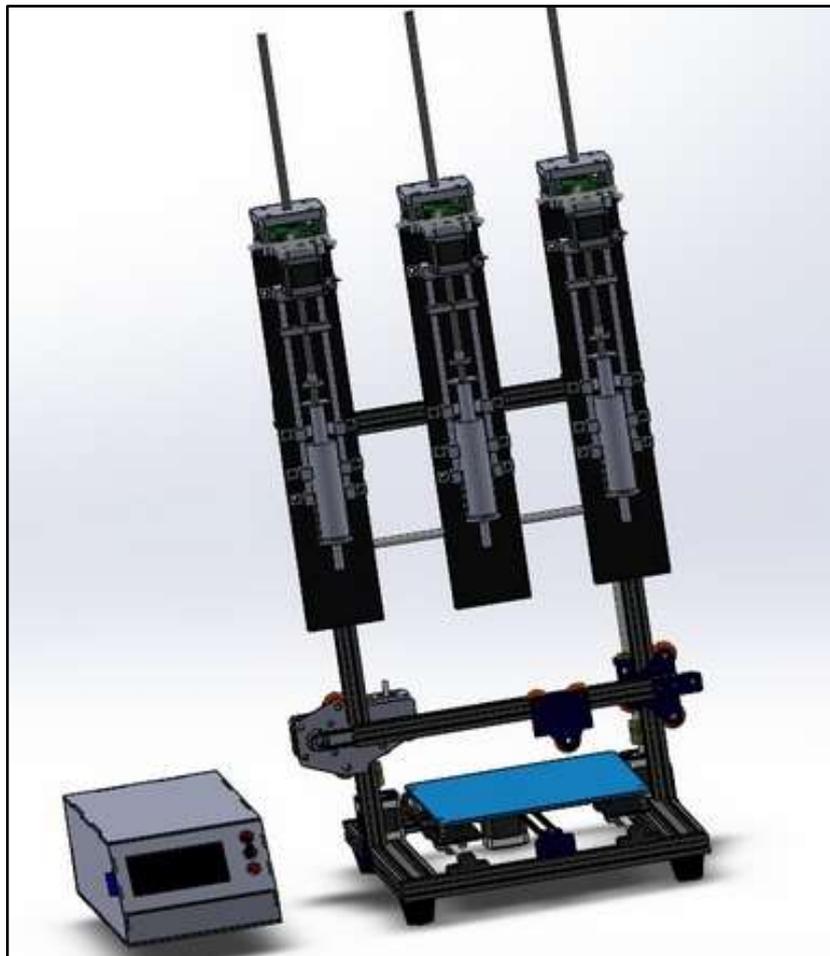


Figura 38-2: Diseño de la máquina en Solid Works
Realizado por: REYES, Christian 2019

2.4.4 Software MatterControl

Es un software de control que se adapta a esta impresora por la razón que su interfaz gráfica es muy amigable con el usuario, no requiere de profundo conocimiento para su control. Permite gestionar el proceso de impresión del material a extruir y además nos ayuda en la organización del diseño.

MatterControl contiene muy recientes actualizaciones que son asequibles en todo el mundo.

A continuación, en la figura 39-2 se describe el diagrama de flujo del software utilizado para la impresora.

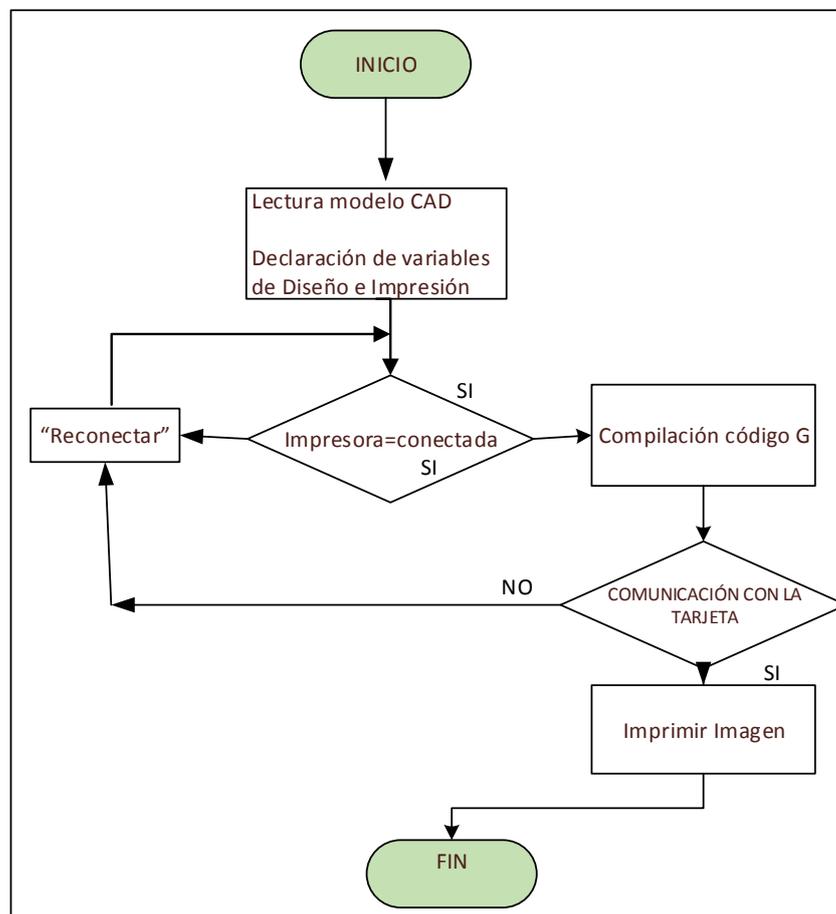


Figura 39-2: Diagrama de Flujo de Software de control

Realizado por: REYES, Christian 2019

Configuración del MatterControl

Primero agregamos nuestra impresora, después configuramos los parámetros como el tamaño de la cama, diámetro de la boquilla, número de extrusores, velocidades de los motores entre otros. Como se muestra en la figura 40-2.

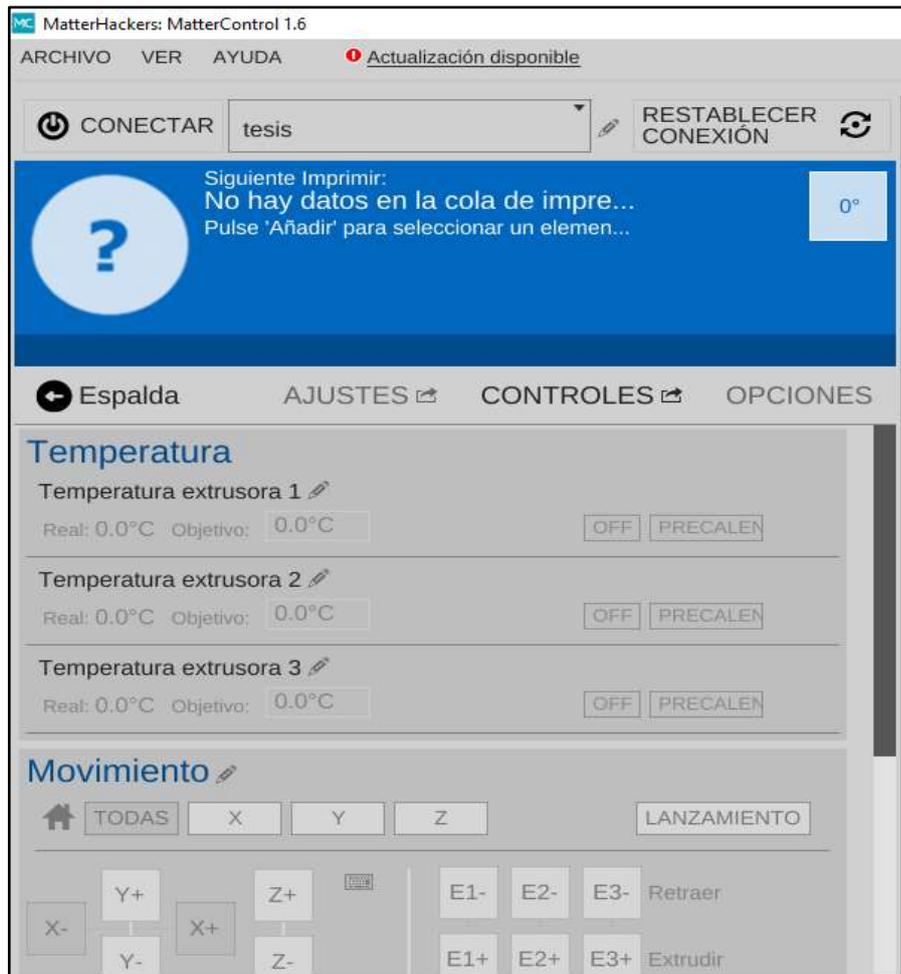


Figura 40-2: Configuración General
Realizado por: REYES, Christian 2019

Aquí se selecciona los archivos .STL previamente dibujados en el software Solid Works y se organiza según la creatividad del diseñador o los requerimientos del comprador. Como se muestra en la figura 41-2.

Posterior a esto generamos el Código G en el software para proceder a imprimir el diseño, como se muestra en la figura 42-2

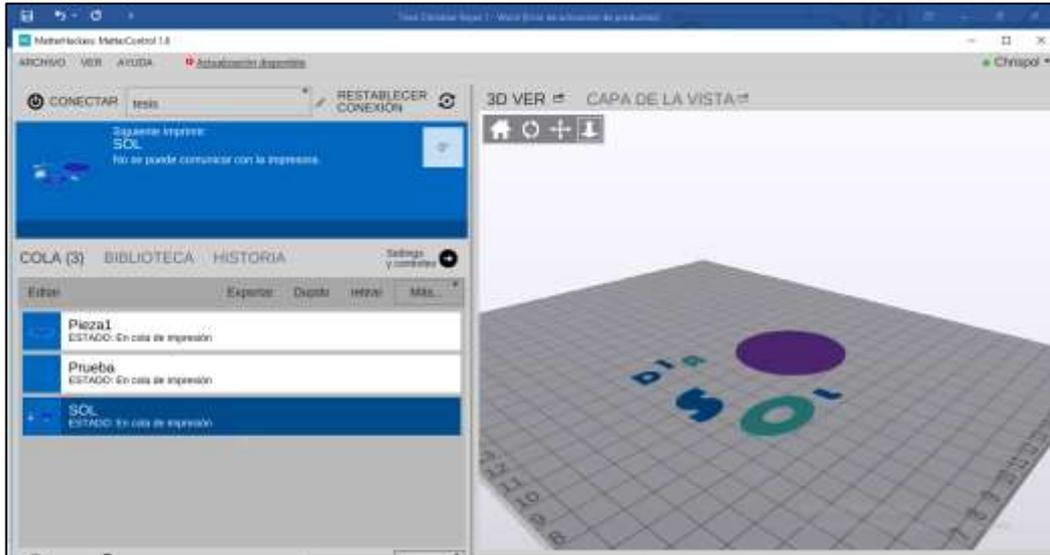


Figura 41-2: Pre visualización del Diseño de la extensión. STL
 Realizado por: REYES, Christian 2019

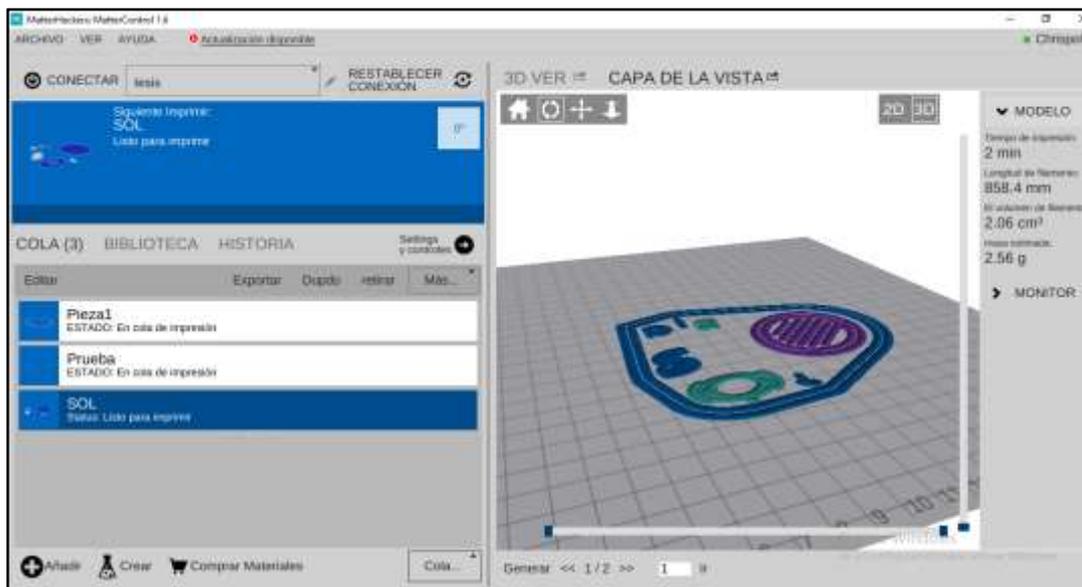


Figura 42-2: Pre Visualización antes de imprimir el diseño bosquejado
 Realizado por: REYES, Christian 2019

CAPÍTULO III

3 PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados de las pruebas y análisis realizados al prototipo de impresora decoradora de dulces de guayaba, se desarrolló una serie de pruebas entre ellas estabilidad de los ejes, de los extrusores, tiempos de impresión, precisión del decorado, consumo eléctrico y finalmente se incorpora un estudio económico de los costos de implementación del prototipo.

3.1 Estabilidad del Prototipo

El objetivo de estas pruebas es evaluar la variabilidad del prototipo para encontrar la estabilidad en los desplazamientos de los ejes y de los extrusores de la impresora, basado en la Norma ISO 17025 referente a la calibración de los equipos de medida (ISO, 2017), para lo cual se tomaron muestras de las distancias, las mismas que fueron posteriormente comparadas. Se determinó el error absoluto (E), la media (\bar{X}), la desviación estándar (σ) y el coeficiente de variación definido por: $CV = (\sigma / \bar{X})$ mediante análisis probabilístico con la herramienta Excel 2016 . Para ello se dividió en dos pruebas: desplazamiento de los ejes X,Y,Z y desplazamiento de los tres extrusores E1,E2,E3.

3.1.1 *Desplazamiento los ejes X, Y, Z de la impresora*

La prueba consistió en tomar 30 muestras con un desplazamiento de referencia de 10mm desde el origen del eje hasta el final para cada eje, los desplazamientos fueron comparados posteriormente con un equipo calibrador pie de rey. En la figura 1-3 se presenta el método aplicado.

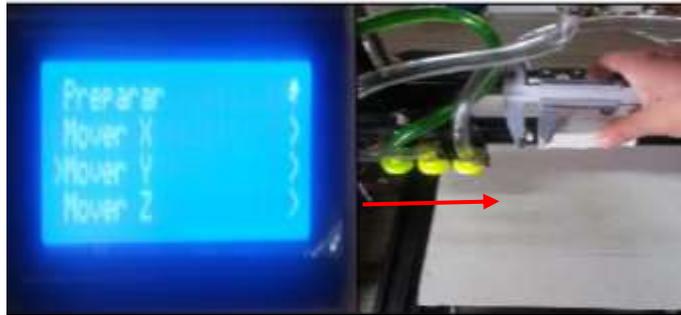


Figura 1-3. Evidencia prueba desplazamiento de ejes
 Realizado por: REYES, Christian 2019

En la tabla 1-3 se presenta los datos obtenidos de la prueba, con los cuales se determinó un error máximo de 2 mm y un coeficiente de variación de 6.5 %.

Tabla 1-3: Desplazamiento eje X

Número	Distancia Seleccionada por sw (mm)	Desplazamiento eje X medido por calibrador (mm)	Error Absoluto (mm)
1	10	9	1
2	10	11	1
3	10	9	1
4	10	10	0
5	10	10	0
6	10	9	1
7	10	9	1
8	10	10	0
9	10	9	1
10	10	9	1
11	10	10	0
12	10	10	0
13	10	9	1
14	10	9	1
15	10	10	0
16	10	9	1
17	10	11	1
18	10	9	1
19	10	10	0
20	10	10	0
21	10	9	2
22	10	9	1
23	10	10	0
24	10	9	1
25	10	9	1
26	10	10	0
27	10	10	0
28	10	9	1
29	10	9	1

30	10	10	0
Media		9.533	0.6
Desviación Estandar		0.628	
Coefficiente de Variación (%)		6.50%	

Realizado por: Reyes, Christian 2019

En la tabla 1-3 se presenta los datos obtenidos de la prueba, con los cuales se determinó un error máximo de 2 mm y un coeficiente de variación de 9.34 %, en la siguiente tabla se muestra el desplazamiento en el eje Y.

Tabla 2-3: Desplazamiento eje Y

Número	Distancia Seleccionada (mm)	Desplazamiento eje Y (mm)	Error Absoluto (mm)
1	10	9	1
2	10	11	1
3	10	9	1
4	10	11	1
5	10	10	0
6	10	9	1
7	10	9	1
8	10	12	2
9	10	10	0
10	10	11	1
11	10	8	2
12	10	12	2
13	10	9	1
14	10	11	1
15	10	12	2
16	10	9	1
17	10	11	1
18	10	9	1
19	10	10	0
20	10	11	1
21	10	9	1
22	10	9	1
23	10	10	0
24	10	9	1
25	10	9	1
26	10	9	1

27	10	10	0
28	10	9	1
29	10	10	0
30	10	9	1
Media		10.166	0.9
Desviación Estandar		0.949	
Coefficiente de Variación (%)		9.34%	

Realizado por: Reyes, Christian 2019

En la tabla 3-3 se presenta los datos obtenidos de la prueba, con los cuales se determinó un error máximo de 2 mm y un coeficiente de variación de 8.92 %, en la siguiente tabla se muestra el desplazamiento en el eje Z.

Tabla 3-3: Desplazamiento eje Z

Número	Distancia Seleccionada (mm)	Desplazamiento eje Z (mm)	Error Absoluto (mm)
1	10	9	1
2	10	11	1
3	10	10	0
4	10	11	1
5	10	10	0
6	10	9	1
7	10	9	1
8	10	12	2
9	10	10	0
10	10	11	1
11	10	10	0
12	10	12	2
13	10	9	1
14	10	9	1
15	10	11	1
16	10	12	2
17	10	10	0
18	10	11	1
19	10	9	1
20	10	9	1
21	10	11	1
22	10	10	0
23	10	11	1
24	10	9	1
25	10	10	0

26	10	11	1
27	10	12	2
28	10	12	2
29	10	10	0
30	10	9	1
Media		10.333	0.86666667
Desviación Estandar		0.9222	
Coefficiente de Variación (%)		8.92%	

Realizado por: Reyes, Christian 2019

De las tablas anteriores se concluye que los valores de los coeficientes de variación de los ejes X,Y,Z son menores al 10% por lo que se considera que el sistema es estable (Llamosa, et al., 2007, p. 457).

3.1.2 Pruebas de desplazamiento del sistema de extrusión

La prueba consistió en tomar 30 muestras con un desplazamiento de referencia de 0.5mm para cada extrusor, los desplazamientos fueron comparados posteriormente con un equipo calibrador pie de Rey. En la figura 2-3 se presenta la evidencia de la prueba realizada.

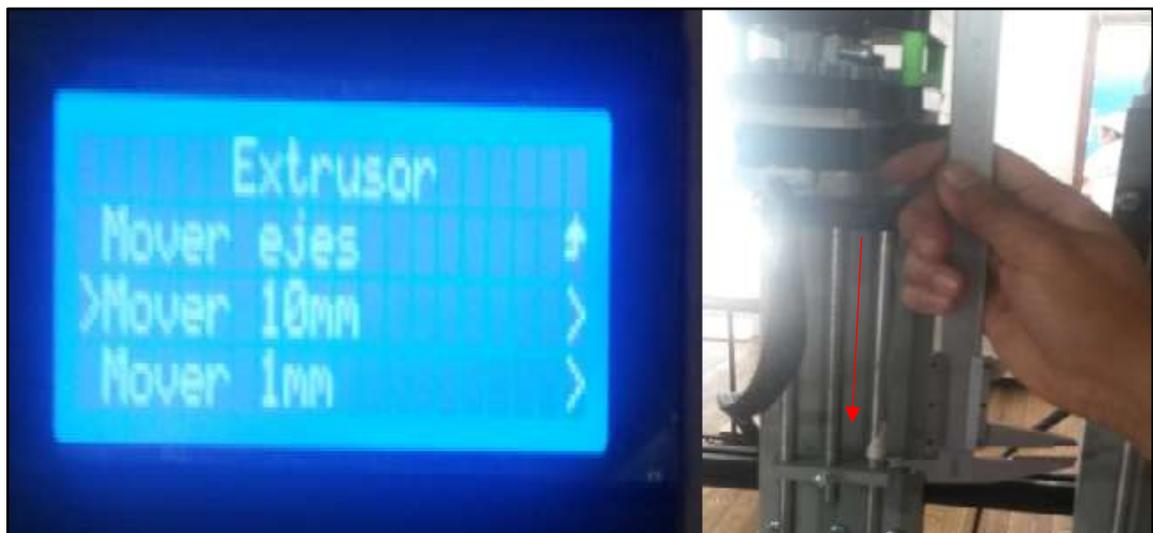


Figura 2-3: Evidencia prueba desplazamiento extrusor

Realizado por: REYES, Christian 2019

En la tabla 4-3 se presenta las variaciones de los errores en cada uno de los extrusores teniendo un error mínimo y máximo en E1 de 0.4 - 0.6 mm, E2 0.4 - 0.6 mm y E3 0.3 - 0.7 mm, respectivamente. Concluyendo que E1 y E2 son iguales con un coeficiente de variación de 9.57%.

E3 con un porcentaje de 9.92%, valores menores al 10% por lo que se considera que el sistema es estable (Llamosa, et al., 2007, p. 457). Representando consistencia en la calibración de los motores sin alterar el movimiento para la expulsión del material a imprimir.

Tabla 4-3: Desplazamiento extrusores

N° Prueba	Desplazamiento E1,E2,E3	Desplazamiento Real E1	EA E1	D.REAL E2	EA E2	D.REAL E3	EA E3
1	0.5	0.4	0.1	0.6	0.1	0.3	0.2
2	0.5	0.6	0.1	0.6	0.1	0.3	0.2
3	0.5	0.5	0	0.5	0	0.7	0.2
4	0.5	0.5	0	0.4	0.1	0.7	0.2
5	0.5	0.5	0	0.4	0.1	0.3	0.2
6	0.5	0.4	0.1	0.5	0	0.4	0.1
7	0.5	0.4	0.1	0.5	0	0.6	0.1
8	0.5	0.5	0	0.5	0	0.7	0.2
9	0.5	0.5	0	0.4	0.1	0.6	0.1
10	0.5	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1
11	0.5	0.6	0.1	0.6	0.1	0.6	0.1
12	0.5	0.6	0.1	0.5	0	0.4	0.1
13	0.5	0.4	0.1	0.6	0.1	0.6	0.1
14	0.5	0.5	0	0.4	0.1	0.7	0.2
15	0.5	0.5	0	0.4	0.1	0.7	0.2
16	0.5	0.6	0.1	0.4	0.1	0.3	0.2
17	0.5	0.5	0	0.5	0	0.4	0.1
18	0.5	0.4	0.1	0.5	0	0.3	0.2
19	0.5	0.4	0.1	0.5	0	0.7	0.2
20	0.5	0.5	0	0.6	0.1	0.4	0.1
21	0.5	0.5	0	0.4	0.1	0.6	0.1
22	0.5	0.6	0.1	0.5	0	0.6	0.1
23	0.5	0.6	0.1	0.6	0.1	0.3	0.2
24	0.5	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1
25	0.5	0.5	0	0.4	0.1	0.3	0.2
26	0.5	0.6	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1
27	0.5	0.6	0.1	0.5	0	0.6	0.1
28	0.5	0.4	0.1	0.5	0	0.7	0.2
29	0.5	0.5	0	0.6	0.1	0.4	0.1
30	0.5	0.4	0.1	0.5	0	0.3	0.2
MEDIA E1YE2		0.4933333333	MEDIA E3			0.49	
DESV. ESTANDAR E1YE2		0.0472	DESV. ESTANDAR E3			0.0486	
COHEF VARIACIÓN E1YE2		9.567567568	COHEF VARIACIÓN E3			9.91836735	

Realizado por: Reyes, Christian 2019

3.2 Pruebas de medidas de impresión del sistema

El objetivo de esta prueba es evaluar el nivel de confiabilidad entre la medida real de impresión y la del software SolidWorks, (3dcadportal, 2017). Para ello se utilizó tres figuras geométricas: Cuadrado, círculo y triángulo, se tomó muestras de: longitud, diámetro y espesor, las mismas que fueron comparadas con un equipo patrón de medida, con la finalidad de encontrar la media del error (\bar{X}) y comprobar la precisión del decorado final.

3.2.1 Impresión Cuadrado

La prueba consistió en imprimir 30 muestras de un cuadrado de dimensiones 64.5 x 64.5 mm y 4 mm de espesor predeterminadas en el software, para posteriormente ser comparado con las medidas realizadas por la impresora con la ayuda de un calibrador pie de rey. En la figura 3-3 se presenta la evidencia de la prueba.

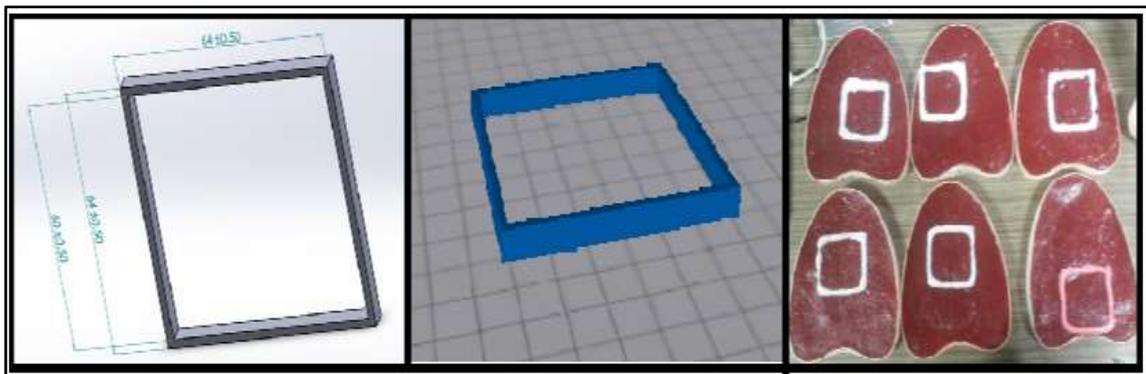


Figura 3-3: Evidencia prueba de impresión de un cuadrado

Realizado por: REYES, Christian 2019

En la tabla 5-3 se presentan los datos de la prueba, en el cual se determinó un promedio de error de 1.003 mm en el eje X, 0.97 mm en el eje Y, y 0.63 mm en el espesor. Concluyendo que los valores calculados son mínimos y no afecta al resultado final de la impresión.

Tabla 5-3: Prueba figura cuadrado

CUADRADO									
SOFTWARE				IMPRESIÓN			ERRORES		
PRUEBA N°	X (mm)	Y (mm)	ESPEJOR (mm)	X (mm)	Y (mm)	ESPEJOR (mm)	X	Y	ESPEJOR
1	64.5	64.5	4	65	66	4	0.5	1.5	0
2	64.5	64.5	4	64	66	5	0.5	1.5	1
3	64.5	64.5	4	65.2	65	4	0.7	0.5	0
4	64.5	64.5	4	66.5	65	5	2	0.5	1
5	64.5	64.5	4	65	66.1	5	0.5	1.6	1
6	64.5	64.5	4	66	65	4	1.5	0.5	0
7	64.5	64.5	4	64.3	64.9	3	0.2	0.4	1
8	64.5	64.5	4	64	64	5	0.5	0.5	1
9	64.5	64.5	4	66.3	63	3	1.8	1.5	1
10	64.5	64.5	4	65	65.1	4	0.5	0.6	0
11	64.5	64.5	4	66	66.2	3	1.5	1.7	1
12	64.5	64.5	4	64.5	66.3	5	0.2	1.9	1
13	64.5	64.5	4	64	65	4	0.5	0.5	0
14	64.5	64.5	4	65.7	63.3	5	1.2	1.2	1
15	64.5	64.5	4	66.8	66.8	4	2.3	2.3	0
16	64.5	64.5	4	66.1	66.2	5	1.6	1.7	1
17	64.5	64.5	4	65.9	66	5	1.4	1.5	1
18	64.5	64.5	4	64	65.7	3	0.5	1.2	1
19	64.5	64.5	4	66	65	4	1.5	0.5	0
20	64.5	64.5	4	65	64.6	3	0.5	0.1	1
21	64.5	64.5	4	64.6	64.3	4	0.1	0.2	0
22	64.5	64.5	4	65.1	64	5	0.6	0.5	1
23	64.5	64.5	4	65	66.3	3	0.5	1.8	1
24	64.5	64.5	4	67	65	4	2.0	0.5	0
25	64.5	64.5	4	66.8	66	3	1.7	1.5	1
26	64.5	64.5	4	66.2	64.6	5	2.3	0.1	1
27	64.5	64.5	4	66	64	5	1.5	0.5	1
28	64.5	64.5	4	65.7	66	4	1.2	1.5	0
29	64.5	64.5	4	65	65	5	0.5	0.5	1
30	64.5	64.5	4	64.5	64.5	4	0.1	0.5	0
PROMEDIO							1.003	0.97	0.63333

Realizado por: Reyes, Christian 2019

3.2.2 Impresión de un círculo

La prueba consistió en imprimir 30 muestras de un círculo de 54 mm de diámetro y 4 mm de espesor predeterminadas en el software, para posteriormente ser comparado con las medidas realizadas por la impresora con la ayuda de un calibrador pie de rey. En la figura 4-3 se presenta la evidencia de la prueba.

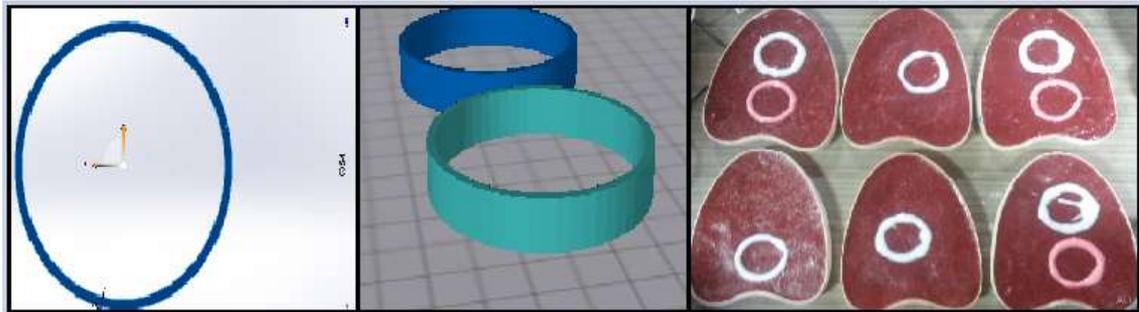


Figura 4-3: Evidencia prueba de impresión de un círculo

En la tabla 6-3 se presentan los datos de la prueba, en el cual se determinó un promedio de error de 1.033 mm de diámetro, 0.6 mm en el espesor. Concluyendo que los valores calculados son mínimos y no afecta al resultado final de la impresión.

Tabla 6-3: Prueba figura círculo

CÍRCULO						
SOFTWARE			IMPRESIÓN			
PRUEBA N°	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Error Absoluto Diámetro	Error Absoluto Espesor
1	54	4	53	4	1	0
2	54	4	54	5	0	1
3	54	4	57	4	3	0
4	54	4	56	6	2	2
5	54	4	58	5	4	1
6	54	4	55	4	1	0
7	54	4	53	3	1	1
8	54	4	54	5	0	1
9	54	4	56	3	2	1
10	54	4	55	4	1	0
11	54	4	54	3	0	1

12	54	4	51	4	3	0
13	54	4	53	4	1	0
14	54	4	55	5	1	1
15	54	4	55	3	1	1
16	54	4	56	5	2	1
17	54	4	53	4	1	0
18	54	4	55	4	1	0
19	54	4	53	5	1	1
20	54	4	54	3	0	1
21	54	4	53	3	1	1
22	54	4	54	4	0	0
23	54	4	54	5	0	1
24	54	4	55	4	1	0
25	54	4	53	4	1	0
26	54	4	55	5	1	1
27	54	4	54	3	0	1
28	54	4	54	4	0	0
29	54	4	55	4	1	0
30	54	4	57	5	3	1
PROMEDIO					1.033	0.6

Realizado por: Reyes, Christian 2019

3.2.3 Impresión de un triángulo

La prueba consistió en imprimir 30 muestras de un triángulo de dimensiones $L1 = 63$ mm, $L2 = 63$ mm y $L3 = 56$ mm predeterminadas en el software, para posteriormente ser comparado con las medidas realizadas por la impresora. En la figura 5-3 se presenta la evidencia de la prueba.

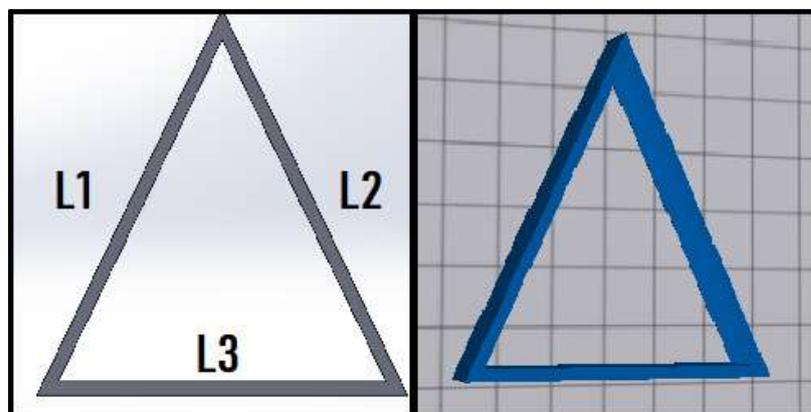


Figura 5-3. Evidencia prueba impresión de un triángulo.

Realizado por: REYES, Christian 2019

En la tabla 5-3 se presentan los datos de la prueba, en el cual se determinó un promedio de error de 0.887 mm en L1, 0.887 mm en L2 y 0.796 mm en L3. Concluyendo que los valores calculados son mínimos y no afecta al resultado final de la impresión.

Tabla 7-3: Prueba figura triángulo

TRIÁNGULO									
SOFTWARE			IMPRESIÓN			ERRORES			
Prueba N°	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	EA L1	EA L2	EA L3
1	63	63	56	61	61	54	2	2	2
2	63	63	56	61	61	55.1	2	2	0.9
3	63	63	56	63.5	63.5	55.4	0.5	0.5	0.6
4	63	63	56	63.2	63.2	56.2	0.2	0.2	0.2
5	63	63	56	64	64	56.8	1	1	0.8
6	63	63	56	64.7	64.7	55.7	1.7	1.7	0.3
7	63	63	56	64.9	64.9	56.3	1.9	1.9	0.3
8	63	63	56	65.1	65.1	55	2.1	2.1	1
9	63	63	56	62.8	62.8	56.2	0.2	0.2	0.2
10	63	63	56	63.1	63.1	56.1	0.1	0.1	0.1
11	63	63	56	62.7	62.7	56.9	0.3	0.3	0.9
12	63	63	56	63.3	63.3	57.1	0.3	0.3	1.1
13	63	63	56	64.1	64.1	57.4	1.1	1.1	1.4
14	63	63	56	63.8	63.8	57.2	0.8	0.8	1.2
15	63	63	56	63.5	63.5	56.9	0.5	0.5	0.9
16	63	63	56	62	62	57.5	1	1	1.5
17	63	63	56	64.3	64.3	56.4	1.3	1.3	0.4
18	63	63	56	63.4	63.4	55	0.4	0.4	1
19	63	63	56	63.2	63.2	57	0.2	0.2	1
20	63	63	56	62	62	58.2	1	1	2.2
21	63	63	56	62	62	55.1	1	1	0.9
22	63	63	56	65	65	55.4	2	2	0.6
23	63	63	56	61.8	61.8	55.3	1.2	1.2	0.7
24	63	63	56	62.2	62.2	55	0.8	0.8	1
25	63	63	56	62.5	62.5	56.8	0.5	0.5	0.8
26	63	63	56	62	62	56.2	1	1	0.2
27	63	63	56	63.3	63.3	55	0.3	0.3	1
28	63	63	56	63.9	63.9	57	0.9	0.9	1
29	63	63	56	62.6	62.6	55.7	0.4	0.4	0.3
30	63	63	56	62.5	62.5	55.9	0.5	0.5	0.1
PROMEDIO							0.887	0.887	0.796

Realizado por: Reyes, Christian 2019

De las pruebas realizadas anteriormente de las figuras básicas, se concluye que los valores de los promedios de los errores bordean aproximadamente 1 mm, valores que no afectan al resultado, teniendo una alta precisión en la impresión final.

3.3 Pruebas de tiempos del Prototipo

El objetivo de esta prueba es evaluar la eficacia del tiempo de impresión del prototipo con respecto al tiempo que le toma a un artesano en realizar una misma figura en iguales condiciones.

La prueba consistió en imprimir la imagen “Te amo”, para lo cual se tomó el tiempo que tarda el prototipo mediante el software MatterControl, y comparar el tiempo que se demora el artesano midiendo con un cronometro de celular Samsung s4 como se visualiza en la figura 6-3.



Figura 6-3: Impresión manual vs Impresión del prototipo

Realizado por: REYES, Christian 2019

Realizada la prueba se verificó que la impresión de forma automática tiene una imagen con mayor precisión y tardó 2 minutos en bosquejar, y de la forma manual tardó 2 minutos 40 segundos teniendo una imagen con menor precisión. Por lo que se concluye que la impresora tiene mayor eficacia en tiempo y una mejor presentación de imagen.

3.4 Prueba de cantidad de material a imprimir

El objetivo de esta prueba es determinar las pérdidas de material que tiene la impresora al momento de decorar un dulce de guayaba.

La prueba consistió en poner una carga inicial de 12 gr de glaseado en la tolva, e imprimir una imagen para verificar el peso del decorado, posteriormente se realizó una comparación si el peso actual medido de la tolva es igual a la adición ente la carga inicial y el peso del decorado.



Figura 7-3. Evidencia prueba pesos de la impresión.
Realizado por: REYES, Christian 2019

A continuación, en la tabla 8-3 se presentan las pérdidas de material de la impresora. Donde se concluye que la pérdida del decorado de la figura tiene un promedio de desperdicio de 1.8 gr debido a la transportación del dulce en la manguera. Considerando que estas pérdidas son mínimas y no produce una descompensación en la imagen.

Tabla 8-3: Error absoluto entre los pesos medidos con el software

Prueba N°	Peso Glaseado Tolva (gr)	Peso Glaseado Figura (gr)	Peso estimado resultante en tolva (gr)	Peso real tolva medido (gr)	Pérdidas (gr)
1	12	7	5	4	1
2	12	8	4	2	2
3	12	6	6	4	2
4	12	7	5	2	3
5	12	6	6	5	1
6	12	9	3	2	1
7	12	8	4	2	2
8	12	7	5	4	1
9	12	6	6	3	3
10	12	5	7	5	2
PROMEDIO					1.4

Realizado por: REYES, Christian 2019

3.5 Evaluación del prototipo de impresora en tiempo y cantidad

El objetivo de esta prueba es encontrar la eficacia del prototipo implementado en la impresión en serie, para ello se compara los datos obtenidos en las pruebas anteriores y verificar si representa un ahorro para la persona o empresa.

Esta prueba se realizó tomando los datos obtenidos en la prueba 3.3 sobre los tiempos de impresión para encontrar la cantidad de dulces a imprimir en 8 horas, posteriormente se calculó el precio del decorado del dulce al día, tomando en cuenta que el valor comercial de la decoración artesanal es de \$ 0.40 centavos. A continuación, se muestra los cálculos:

$$Cant = \frac{N^{\circ} impresiones * 3600 \text{ seg}}{\text{tiempo de decoración artesano}} * 8 \text{ horas}$$

$$Cant = \frac{1 * 3600 \text{ seg}}{160 \text{ seg}} * 8$$

$$Cant = 180 \text{ unidades decoradas por el artesano en 8 horas}$$

$$\text{Precio diario del decorado} = \text{Cantidad de impresiones diarias} * 0.4$$

$$\text{Precio diario del decorado} = 180 * 0.4$$

$$\text{Precio diario del decorado} = \$ 72$$

En la tabla 9-3 se presentan los datos y los cálculos planteados.

Tabla 9-3 Datos obtenidos de las pruebas

Descripción	Decorador Artesanal	Prototipo De Impresora
Tiempo de decoración	160 seg	120 seg
Tiempo de trabajo	8 horas	8 horas
Cantidad de impresiones en 8 horas	180	240

Realizado por: REYES, Christian 2019

Se concluyó que al momento de realizar impresiones en serie la máquina tiene mayor eficacia que el decorador superando por 60 unidades en las ocho horas de trabajo, además un ahorro de \$72 diarios que representa una ganancia extra para la persona o empresa que utilice este sistema.

3.6 Aceptación del prototipo de impresora

El objetivo de esta prueba es medir la aceptación que tiene la impresora en los artesanos de la localidad de Baños, para esta prueba se realizó una encuesta dirigida a 12 decoradores de las distintas asociaciones, donde se realizó 5 preguntas de SI y No, como se muestra en la Figura: 8-3.

1. ¿Cree que la impresora decoradora de dulces de guayaba es útil?	
SI ()	No ()
2. ¿Considera que la impresora brinda más beneficios que el método manual?	
SI ()	No ()
3. ¿Considera que su manejo es sencillo?	
Si ()	No ()
4. ¿Considera que su interfaz de usuario es fácil de usar?	
Si ()	No ()
5. ¿Te gustaría tener una impresora decoradora de dulces de guayaba?	
Si ()	No ()

Figura 8-3: Preguntas encuesta

Realizado por: REYES, Christian 2019

En la tabla 10-3 se presenta la cantidad de personas que escogieron la opción si, y su representación en porcentaje, donde se puede evidenciar que la impresora tiene aceptación por los artesanos. En base a la encuesta realizada se concluye que es necesario una capacitación previa para manejar el prototipo

Tabla 10-3: Datos de la Encuesta

N° de pregunta	Personas que contestaron SI	Porcentaje de aceptación
1	12	100%
2	12	100%
3	8	66,6%
4	7	58,3%
5	12	100%

Realizado por: REYES, Christian 2019

3.7 Consumo de corriente del prototipo

Para verificar el consumo de energía se realizó 6 mediciones de corriente y de voltaje con la ayuda del multímetro digital como se muestra en la figura 9-3 comprobándose así también los valores de funcionamiento descritos en las hojas de datos en los Anexos de A-D. En la tabla 11-3 se analizan los valores consumidos por cada elemento del sistema.



Figura 9-3: Consumo de Corriente Motores X, Y, Z
Realizado por: REYES, Christian 2019

En la Tabla 11-3 se visualiza un consumo de potencia total de 65.86w, considerando que no existen equipos similares se comparó con un equipo comercial de uso diario como un cargador de una computadora portátil, concluyéndose que el prototipo de impresora tiene un bajo consumo de energía.

Tabla 11-3: Costo del Prototipo de Sistema

N°	ELEMENTO	CANTIDAD	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (mA)
1	Motores Ejes X,Y,Z	4	12	720
2	Drivers Ejes X,Y,Z	4	12	4
3	Motores Extrusores E1,E2,E3	3	12	760
4	Drivers Extrusores E1,E2,E3	3	12	4
5	Pantalla LCD	1	5	220
6	Tarjeta Rumba Plus	1	12	100
TOTAL CONSUMO DE CORRIENTE				5.488 A
POTENCIA DE CONSUMO				65.865 W

Realizado por: REYES, Christian 2019

3.8 Análisis de Costos

A continuación, se presenta un análisis económico de la implementación del prototipo. En la Tabla 12-3 se detalla los componentes, la cantidad y sus respectivos precios. Se observa que el prototipo implementado tiene un costo total de 1599 dólares americanos. (USD), donde el mayor costo es de la Estructura de aluminio y las impresiones 3d con \$600 que representa el 37% de la investigación.

Tabla 12-3: Costo del Prototipo de Sistema

N°	ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNIT(\$)	PRECIO TOTAL(\$)
1	Tarjeta Rumba plus	1	65	65
2	Motores a Pasos	7	42	294
3	Drivers Motores	7	8	56
4	Finales de Carrera	3	3	9
5	Pantalla LCD	1	25	25
6	Fuente de poder 12V	1	30	30
7	Estructura de Aluminio	1	300	300
8	Kit ejes	1	150	150
8	Estructura de madera	1	80	80
9	Impresiones 3D	1	300	300
10	Tolvas en acero inoxidable	3	30	90
11	Otros	1	200	200
COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO				1599

Realizado por: REYES CHRISTIAN, 2019

CONCLUSIONES

- Se implementó un prototipo de impresora decoradora de alimentos aplicable en dulces de guayaba con un área de (20*20*20) mm para el decorado, basado en el movimiento cartesiano de una impresora 3D controlada por software libre, la misma que consta de tres extrusores para tres colores diferentes con un espesor de 2 mm cada uno.
- De las pruebas se verificó que el desplazamiento de los ejes X, Y, Z tienen un coeficiente de variación del 6.5%, 9.34% y 8.92%, valores menores al 10% para cada caso respectivamente, por lo que se concluye que el prototipo implementado presenta estabilidad en el movimiento lineal de sus ejes.
- Tras pruebas de desplazamiento realizadas en los extrusores se tuvo un coeficiente de variación de 9.57% en E1 y E2 y 9.92% en E3, valores menores al 10%, por lo que se concluye que los extrusores implementados presentan estabilidad en el movimiento vertical para realizar la presión del material a extruir.
- Se pudo constatar que el error máximo medido en el diámetro y longitud de las diferentes pruebas de impresión de figuras básicas oscilan un promedio de 1mm con respecto al diseño original, el cual hace que el prototipo implementado realice la impresión con igual o similar precisión al diseño del software.
- De las pruebas se determinó que el tiempo de impresión realizado por el prototipo es menor en un 30% a la forma manual realizada por un decorador, teniendo una mejoría en la parte visual del diseño.
- Se comprobó que las pérdidas de glaseado en la decoración tiene un promedio de desperdicio de 1.4 gr por impresión, debido a las mangueras transportadoras que van desde la tolva hacia la boquilla, considerando que son valores mínimos y no producen alteraciones en el diseño de la figura.
- Se verificó mediante pruebas que el prototipo implementado produce un 25% más de impresiones que un decorador artesanal en 8 horas de trabajo y genera un ahorro aproximado de \$72 al día.

RECOMENDACIONES

- Realizar el diseño de una cama base para sujetar los dulces de guayaba y que estos no se muevan para evitar posibles errores de impresión.
- Implementar sensores de caudal para verificar que la impresora cuente con material para la impresión del mismo y un sistema de alerta que avise cuando debe ser recargado el dulce para la decoración.
- Ocupar tolvas de almacenamiento del material a extraer de más capacidad para que pueda decorar a gran escala los dulces de guayaba.
- Implementar un sistema de visión artificial y reconocimiento de imágenes para mejorar la precisión de la impresión de las figuras o letras a decorar.
- Conocer la densidad correcta del material a decorar para que no se sobrecarguen los motores a pasos si el material es muy denso, o si es muy líquido que no se derrame.
- Realizar una capacitación a los operarios, previo a su utilización de la máquina.
- Limpiar correctamente los restos de material derramado en las bandas y rodamientos; lubricar la máquina para evitar averías y mantener en un ambiente sanitario alrededor de la misma. Lo que disminuirá el error de precisión de la siguiente impresión en el dulce de guayaba.

Bibliografía

ARANDA, Á. 2014. *Instalación y Parametrización del software*. Málaga: IC Editorial.

ARENY, R. 2007. *Instrumentos Electrónicos básicos*. Primera ed. Barcelona: Alfa Omega grupo.

AYALA, L. *Diseño y fabricación de una máquina extrusora para crear el filamento de la impresora 3d a partir de material plástico. (Tesis) (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador 2017* [Consulta: 24 Enero 2019]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/7922/1/85T00470.pdf>

BELTRÁN, M. & MARCILLA, A. 2012. *Tecnología de Polímeros*. San Vicente del Raspeig: Vision Net.

BUDINAS, R. & , KEIT, N. 2012. *Diseño en Ingeniería Mecánica de Sigley*. Octava ed. México: Mc Graw Hill.

CASTILLO, G. 2006. *El Diseñador Industrial asistido por computadora, para la innovación de su trabajo en Guatemala*. Guatemala: s.n.

CONTRERAS F. & SÁNCHEZ R. 2010. *Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura Diseño de máquinas II*. Bucaramanga: s.n.

COSTAS, P. 2005. *Montaje e instalación en planta de máquinas industriales*. 1 ed. Vigo: Ideas Propias.

DIOSDADO, R. *Electrónica de la impresora 3D* 2018. [En línea] [Consulta: 24 Enero 2019] Disponible en: <https://www.zonamaker.com/impresion-3d/crea-impresora/3-electronica-crea-imp>.

EL TELÉGRAFO, *Un millón de turistas visitan baños*. [En línea] [Consulta: 18 Marzo 2019] Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/un-millon-de-turistas-al-ano-visitaban-banos-de-agua-santa-infografia>.

ESPINOZA, R. *Sistemas de Transmision de Potencia*. [En línea] [Consulta: 29 Enero 2019] Disponible en: https://www.academia.edu/26165541/Sistemas_de_Transmision_de_Potencia.

GROOVER,P. 2007. *Fundamentos de manufactura moderna*. México: McGraw-Hill.

GUTIERREZ , C & VARGAS, L. *Diseño y fabricación de una máquina extrusora para crear el filamento de la impresora 3d a partir de material plástico. (Tesis) (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador 2017*. [Consulta: 24 Enero 2019]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7922/1/85T00470.pdf>

HAMON, D. *Sistemas de Transmision de Potencia*. Disponible en: http://www.academia.edu/4425941/INSTITUCION_EDUCATIVA_TECNICA_ENRIQUE_OLAYA_HERRERA_PROGRAMA_DE_ARTICULACION_CON_LA_EDUCACION_SUPERIOR_SISTEMAS_DE_TRANSMISION_DE_POTENCIA

ISIDRO, A & GAIBOR E. “*Construcción de un simulador para el diagnóstico de modos de fallas en engranajes mediante el análisis de vibraciones y ultrasonido pasivo para la Facultad de Mecánica*”. [En línea] [Consulta: 29 Enero 2019] (Tesis) (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador 2017. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6489/1/25T00289.pdf>

LIZZI, J. *Propuesta de Cambio en la Transmision Mecanica de Engranaje- Piñon a Polea-Correa en la linea de produccion de toallas de uso diario en la industria corpañal C.A; y realizacion de un manual de mantenimiento autonomo bajo principios de la filosofia Tmp*. [En línea] [Consulta: 18 Marzo 2019] . (Tesis) (Pregrado). Universidad Simón Bolívar. Camurí, España 2010. Disponible en: <https://docplayer.es/2899320-Universidad-simon-bolivar-vice-rectorado-academico-decanato-de-estudios-tecnologicos-coordinacion-de-tecnologia-mecanica-y-mantenimiento-aeronautico.html>

LLAMAS, L. *Motores paso a paso con Arduino y driver A4988*. [En línea][Consulta: 26 Abril 2019]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/motores-paso-paso-arduino-driver-a4988-drv8825/?fbclid=IwAR1skOE88v7okLAgIFJnmdBOYqu4qTZhdGcGIHO8Rey3Q2J63NpOSbMXntU>

MARIANO, A. *Tecnología de los plásticos*. [En línea] [Consulta: 10 Enero 2019]. Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

MARVAL, C. *Máquinas y Mecanismos*. [En línea] [Consulta: 29 Enero 2019]. Disponible en: <https://udo.academia.edu/KerbyCMarvalB>

Matterhackers. *MatterControl - 3D Printing Software*. [En línea] [Consulta: 30 Enero 2019] Disponible en: <https://www.matterhackers.com/store/l/mattercontrol/sk/MKZGTDW6#jumpMatterControlDownloads>.

MELLADO G. 2013. *Caracterización de una Pantalla de Cristal Líquido de Fase*. Puebla: INAOE.

MONTES, J. R., Castro Martínez, L. & Del Real Romero, J. C., 2006. *Procesos Industriales para Materiales no Metálicos*. Madrid: Vision Net.

PALACIO, B. M. & Moro Piñeiro, M. 2000. *Tecnología Mecánica y Metrotecnica*. Tercera ed. Oviedo: Servicio de publicaciones Universidad de Oviedo.

Sheyla_14. Transportadores de tornillos sin fin 2015. [En línea] [Consulta: 23 Enero 2019] Disponible en: https://es.slideshare.net/sheyla_11_2014?utm_campaign=profiletracking&utm_medium=sssite&utm_source=ssslideview.

TABOADA, R. & Peña, A. 2016. *Control de un motor de pasos utilizando un micro y un ds*. [En línea]. (Tesis) (Pregrado). Universidad Nacional Autónoma De México. México, México 2016 [Consulta: 18 Marzo 2019]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/10614/TESIS.pdf?sequence=1>

VÁSCONEZ, E. & Viteri, A. 2017. *Implementacion de unprototipo de impresora 3D controlada inalámbicamente por bluetooth mediante una plataforma android.* [En línea] (Tesis)(Pregrado) Universidad Politecnica Salesiana Guayaquil, Ecuador 2017. [Consulta: 12 octubre 2018]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14619/1/UPS-GT001984.pdf>

VENTURA, V. *¿Qué es G-Code?.* [En línea] [Consulta: 30 Enero 2019] Disponible en: <https://polaridad.es/que-es-g-code/>.

ZETINA C, A. & Zetina M, A. 2004. *Electrónica Básica.* Mexico: Limusa SA.

ANEXOS

Anexo A: Hoja de datos driver a4988

DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection

Features and Benefits

- Low $R_{DS(on)}$ (102m Ω)
- Automatic current decay mode detection/selection
- Mixed and slow current decay modes
- Synchronous rectification for low power dissipation
- Integral UVLO
- Constant current protection
- 3.3 and 5 V compatible logic supply
- Thermal shutdown circuitry
- Short-to-ground protection
- Stalled load protection
- Five selectable step modes: full, $1/2$, $1/3$, $1/4$, and $1/5$

Package:

25-lead QFN with exposed thermal pad
 $T_{max} = 1 \text{ mm} \times 0.9 \text{ mm}$
 (V1 package)



Approximate size

Description

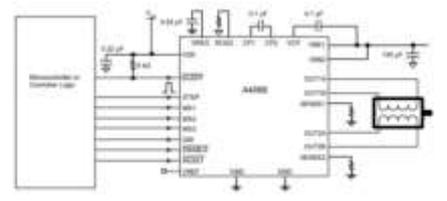
The A4988 is a complete microstepping motor driver with built-in translator for easy operation. It is designed to operate bipolar stepper motors in full, half, quarter, eighth, and sixteenth-step modes, with an output drive capacity of up to 1A and $\pm 2 \text{ A}$. The A4988 includes a stall off-time current regulator which has the ability to operate in Slow or Mixed decay modes.

The translator is the key to the easy implementation of the A4988. Simply inputting one pulse on the STEP input drives the motor one microstep. There are no phase sequence tables, high frequency current lines, or complex logic functions to program. The A4988 interface is an ideal I2C for applications where a complex microcontroller is unavailable or is overwhelmed.

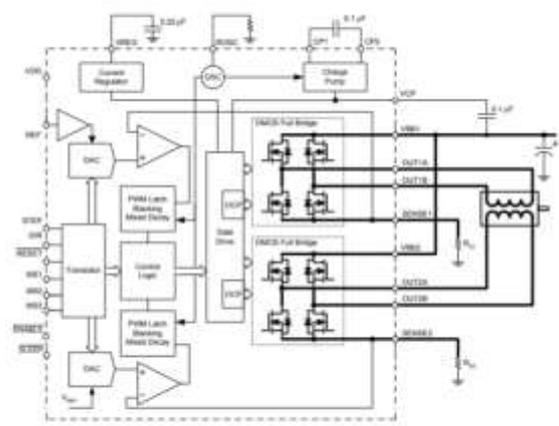
During stepping operation, the chopping control in the A4988 automatically selects the current decay mode. Slow or Mixed, in Mixed decay mode, the device is not initially in a fast decay for a proportion of the final off-time; then it is slow decay for the remainder of the off-time. Mixed decay current control results in reduced audible motor noise, increased step accuracy, and reduced power dissipation.

Continued on the next page.

Typical Application Diagram



Functional Block Diagram



A4988 DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection

Description (continued)

Internal synchronous rectification control circuitry is provided to improve power dissipation during PWM operation. Internal current protection includes: thermal shutdown with hysteresis, under-voltage lockout (UVLO), and crossover-current protection. Special power-on sequencing is not required.

The A4988 is supplied in a surface-mount (QFN) package (13), 1 mm \times 1 mm, with a nominal overall package height of 0.90 mm and an exposed pad for enhanced thermal dissipation. It has lead (Pb) free (halo-free) with 100% parts per lead (Pb-free).

Selection Guide

Part Number	Package	Quantity
A4988TTC1	25-lead QFN with exposed thermal pad	1000 pieces per 1 cm tape

Absolute Maximum Ratings

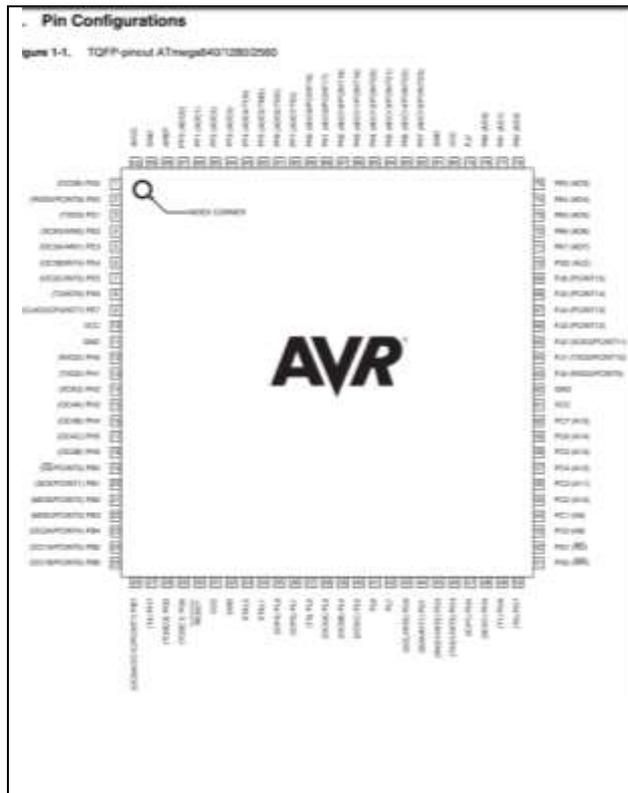
Characteristic	Symbol	Units	Rating	Note
Load Supply Voltage	V_{DD}	V	35	V
Output Current	I_{OUT}	A	1.5	A
Logic Input Voltage	V_{IN}	V	-0.3 to 5.5	V
Logic Supply Voltage	V_{DD}	V	-0.3 to 5.5	V
VDDs to GND		V	35	V
Reverse Voltage	V_{REV}	V	0.5	V
Reference Voltage	V_{REF}	V	3.3	V
Operating Ambient Temperature	T_A	Range B	-20 to 85	$^{\circ}\text{C}$
Maximum Junction	$T_{J(max)}$	$^{\circ}\text{C}$	150	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	T_{STG}	$^{\circ}\text{C}$	-65 to 150	$^{\circ}\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS¹ at $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.3 \text{ V}$ (unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ ²	Max.	Units
Output Drivers						
Load Supply Voltage Range	V_{DD}	Operating	6	-	35	V
Logic Supply Voltage Range	V_{DD}	Operating	3.3	-	5.5	V
Output On Resistance	$R_{DS(on)}$	Source Drive, $I_{OUT} = +1.5 \text{ A}$ Sink Drive, $I_{OUT} = -1.5 \text{ A}$	-	320	430	m Ω
Body Diode Forward Voltage	V_f	Source Diode, $I_A = +1.5 \text{ A}$ Sink Diode, $I_A = -1.5 \text{ A}$	-	-	1.2	V
Motor Supply Current	I_{DD}	$f_{STEP} < 50 \text{ kHz}$ Operating, outputs disabled	-	-	4	mA
Logic Supply Current	I_{DD}	$f_{STEP} < 50 \text{ kHz}$ Outputs off	-	-	5	mA
Control Logic						
Logic Input Voltage	$V_{IN(s)}$		$V_{DD} + 0.1$	-	-	V
	$V_{IN(r)}$		-	-	$V_{DD} + 0.3$	V
Logic Input Current	$I_{IN(s)}$	$V_{IN} = V_{DD} + 0.1$	-25	+1.5	20	μA
	$I_{IN(r)}$	$V_{IN} = V_{DD} + 0.3$	-25	+1.5	20	μA
Microstep Select	$R_{DS(on)}$	MST pin	-	100	-	m Ω
	$R_{DS(on)}$	MST pin	-	80	-	m Ω
Logic Input Hysteresis	V_{HYST}	MST pin	-	100	-	mV
Blank Time	t_{BLANK}	As a % of V_{DD}	5	11	16	%
Fused Off Time	t_{FUS}	OSC = VDD or GND $R_{LOAD} = 25 \text{ m}\Omega$	20	35	40	μs
Reference Input Voltage Range	V_{REF}		0	-	4	V
Reference Input Current	I_{REF}		-3	0	3	μA
Current Trip-Level Error ³	err	$V_{DD} = 2 \text{ V}$, $\%_{THRESH} = 98.5\%$ $V_{DD} = 2 \text{ V}$, $\%_{THRESH} = 70.1\%$ $V_{DD} = 2 \text{ V}$, $\%_{THRESH} = 100.0\%$	-	-	±10	%
Crossover Dead Time	t_{CDT}		165	470	830	ns
Protection						
Overcurrent Protection Threshold	$I_{OCP(th)}$		2.1	-	-	A
Thermal Shutdown Temperature	T_{SD}		-	-	150	$^{\circ}\text{C}$
Thermal Shutdown Hysteresis	$T_{SD(hys)}$		-	-	15	$^{\circ}\text{C}$
VDD Under-voltage Lockout	$V_{DD(UL)}$	$V_{DD(REF)}$	2.7	3.4	2.0	V
VDD Under-voltage Hysteresis	$V_{DD(UL)(hys)}$		-	-	80	mV

¹For input and output current specifications, negative current is defined as coming out of (sourcing) the specified device pin.
²Typical data are for initial design estimations only and assume optimum manufacturing and application conditions. Performance may vary for individual units, within the specified maximum and minimum limits.
³ $\%_{err} = (I_{OCP(th)} - I_{OCP}) / I_{OCP(th)}$

Anexo B: Hoja de datos ATmega2560



- ### Features
- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-Bit Microcontroller
 - Advanced RISC Architecture
 - 132 Powerful Instructions - Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
 - On-Chip 2-cycle Multiplier
 - High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 54K/128K/256K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - 8Kbytes EEPROM
 - 8Kbytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data Retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - Dual Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
 - Endurance: Up to 64Kbytes Optional External Memory Space
 - Atmel® GTouch™ Memory (949901)
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and GMArts acquisition
 - Up to 64 sense channels
 - JTAG IEEE® and 1149.1 compliant) Interface
 - Secondary-logic Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extension On-chip Delay Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
 - Peripheral Features
 - Two 8-bit Timers/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - Four 16-bit Timers/Counter with Separate Prescaler, Compare, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four 8-bit PWM Channels
 - Six-Channel PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits (ATmega1280/2560, ATmega401280/2560)
 - Output Compare Modulator
 - 64-bit Counter, 10-bit ACC (ATmega1280/2560, ATmega401280/2560)
 - Two/Four Programmable Serial USART (ATmega1280/2560, ATmega401280/2560)
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte Oriented I²C Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
 - Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
 - IO and Packages
 - 64KB Programmable I/O Lines (ATmega1280/2560, ATmega401280/2560)
 - 64-pin DIP/SOIC, 88-pin TQFP (ATmega1280/2560)
 - 168-pin TQFP, 168-pin QFN (ATmega401280/2560)
 - RoHS/fully Green
 - Temperature Range:
 - -40°C to 85°C Industrial
 - Ultra-Low Power Consumption
 - Active Mode: 180µA, 1.5V, 100kHz
 - Power-down Mode: 5.7µA at 1.5V
 - Speed Grades:
 - ATmega401280/2560: 1280/2560/401280/2560
 - -0 - 8MHz @ 1.5V - 5.0V, 2 - 8MHz @ 2.7V - 5.0V
 - ATmega1280/2560: 1280/2560

2. Overview

The ATmega401280/1281/2560/2561 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega401280/1281/2560/2561 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 3-1. Block Diagram

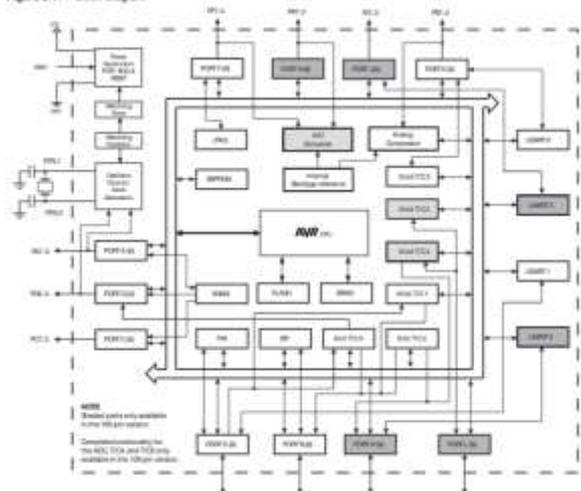


Figure 1-2. CBGA-pinout ATmega401280/2560

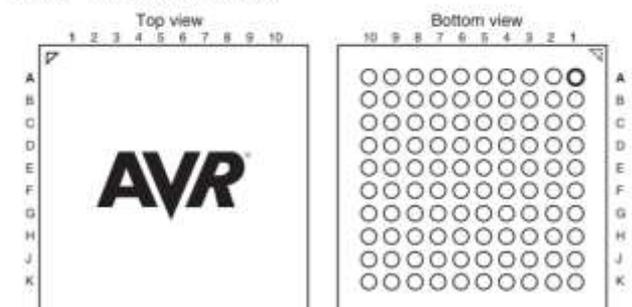


Table 1-1. CBGA-pinout ATmega401280/2560

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	GND	AREF	PF0	PF2	PF5	PN0	PN3	PN6	GND	VCC
B	AVCC	PG5	PF1	PF3	PF9	PN1	PN4	PN7	PN2	PR2
C	PE2	PE3	PE5	PF4	PF7	PN2	PN5	PJ7	PR1	PR3
D	PE3	PE4	PE5	PH5	PH2	PN4	PN5	PN6	PN7	PQ2
E	PE7	PH0	PH1	PH3	PH5	PJ8	PJ5	PJ4	PJ3	PJ2
F	VCC	PH4	PH6	PD0	PL4	PD1	PL1	PL0	PC7	GND
G	GND	PS1	PS2	PS5	PL2	PD5	PD6	PC5	PC6	VCC
H	PS3	PD4	RESET	PL1	PL3	PL7	PD4	PC4	PC3	PC2
J	PH7	PS5	PN6	PL0	XTAL1	PL6	PD3	PC1	PC0	PS1
K	PH7	PG4	VCC	GND	XTAL1	PL3	PD3	PC0	PC7	PS0

Anexo C: Hoja de datos NEMA17

SERIES: NEMA17-AMT112S | DESCRIPTION: STEPPER SERVO MOTOR

FEATURES

- CUI AMT112S encoder + LIN Engineering stepper motor
- stepper motor with encoder for closed loop results when paired with a controller
- small, compact NEMA 17 frame size
- up to 1.00 in (2.54 in) holding torque
- patented capacitive encoder ASIC technology
- incremental resolutions up to 4096 PPR
- resolutions programmable with AMT Viewpoint™ PC software
- digitally set zero position



RoHS CE

MODEL

Model	step angle	current/phase	resistance/phase	inductance/phase	max holding torque	max optimal speed	body length
	(°)	(A)	(Ω)	(mH)	(oz-in)	(RPM)	(mm)
NEMA17-12-04SD-AMT112S	1.8	0.47	9.9	11.92	42.0	0	1.34
NEMA17-12-04FD-AMT112S	1.8	1.23	9.5	11.09	42.0	11	1.34
NEMA17-12-06SD-AMT112S	1.8	0.70	10.8	11.89	63.0	3	1.38
NEMA17-12-06FD-AMT112S	1.8	1.40	10.7	9.49	63.0	0	1.38
NEMA17-12-07SD-AMT112S	1.8	0.58	1.3	9.36	83.0	5	1.60
NEMA17-12-07FD-AMT112S	1.8	1.35	1.2	10.24	83.0	0	1.60
NEMA17-23-01D-AMT112S	1.8	2.00	3.0	2.61	100.0	7	2.24

AMT112S ENCODER

ELECTRICAL

parameter	conditions/description	min	typ	max	units
power supply	VDD	4.5	5	5.5	V
start up time			200		ms
current consumption	with unbuffered output		10		mA
output high level	VDD-0.1				V
output low level				0.1	V
output current (per channel)			10		mA
max/lot size		0			lot

INCREMENTAL CHARACTERISTICS

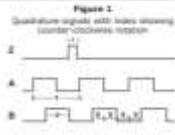
parameter	conditions/description	min	typ	max	units
channels	CMOS voltage, A, B, Z				
resolution	CMOS voltage square wave				
phase difference	0 leads B for CCW rotation (derived from track)				
quadrature resolution	48, 96, 192, 384, 768, 1536, 3072, 6144, 12288, 24576, 49152, 98304				PPR
index	one pulse per 360 degree rotation				
accuracy			0.2		degrees
quadrature duty cycle			50		%

MECHANICAL

parameter	conditions/description	min	typ	max	units
weight			15.7		g
operating speed (at each resolution)	48, 96, 192, 384, 768, 1536, 3072, 6144, 12288, 24576, 49152, 98304			3000	rpm
	360, 720, 1440, 2880, 5760, 11520			4000	rpm
	7200			2000	rpm

ENCODER WAVEFORMS

Figure 1
Quadrature signals with index strobing (counter-clockwise rotation)



The following parameters are defined by the resolution selected for each encoder, where R is resolution.

Parameter	Description	Expression	Units
T	period	360/R	mechanical degrees
P	pulse width	T/3	mechanical degrees
L	index width	R/2	mechanical degrees
S	A/B state width	R/2	mechanical degrees

STEPPER MOTOR SPECIFICATIONS

parameter	conditions/description	min	typ	max	units
motor frame size	NEMA Size 17				
step angle			1.8		°
rated current/phase	see page 1 for details				
rated voltage			24-48		VDC
resistance/phase	see page 1 for details				
inductance/phase	see page 1 for details				
connection type	star				
motor torque	NEMA17-12-04SD-AMT112S, NEMA17-12-04FD-AMT112S NEMA17-12-06SD-AMT112S, NEMA17-12-06FD-AMT112S NEMA17-12-07SD-AMT112S, NEMA17-12-07FD-AMT112S NEMA17-23-01D-AMT112S	0.18		100	oz-in
max holding torque	see page 1 for details				
bearing type	BBCC3				
front shaft OD			5		mm
front shaft length			0.09		in
max optimal speed	see page 1 for details				
max start load				0	g
load rise	at 1/2 load		0.001		in/s
stop rise	at 1/2 load		0.003		in/s
shaft run out		0.002			max. TIR
dimension drawing	500				"
ENVISIC	5W 0204-11.0007				

SWITCHING SEQUENCE

CCW	STEP	A	B	Z	0
1	1	+	-	-	-
2	2	-	+	-	+
3	3	-	-	+	-
4	4	+	+	-	+
5	5	+	-	+	-

Motor Rotation Viewed From Front Shaft End

ENVIRONMENTAL

parameter	conditions/description	min	typ	max	units
operating temperature		-30		55	°C
storage temperature		-30		100	°C
humidity	non-condensing			95	%
vibration	20-200 Hz, 5 mm/s ² rms, 2 hours per week, 90% 2 pulses, 6 ms, 3 in each XYZ			5	g
shock	3 pulses, 6 ms, 3 in each XYZ			500	g
surge	500				ms

TORQUE CURVES

FIG 1 NEMA17-12-04SD-AMT112S
LIN Engineering P/N AMT-4112S-04F (1.8 Step Motor)
24 VDC, 0.47 Amp/Phase, 6462, 1/2 Stepping

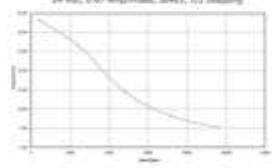


FIG 2 NEMA17-12-04FD-AMT112S
LIN Engineering P/N AMT-4112S-04F (1.8 Step Motor)
24 VDC, 1.23 Amp/Phase, 6462, 1/2 Stepping

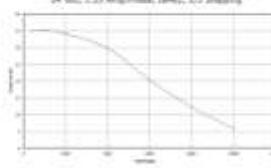


FIG 3 NEMA17-12-06SD-AMT112S
LIN Engineering P/N AMT-4112S-06F (1.8 Step Motor)
24 VDC, 0.70 Amp/Phase, 6282, 1/3 Stepping

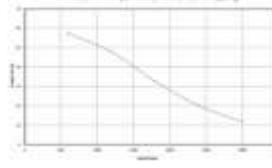
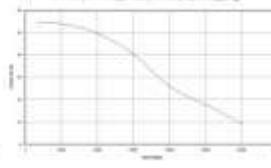


FIG 4 NEMA17-12-06FD-AMT112S
LIN Engineering P/N AMT-4112S-06F (1.8 Step Motor)
24 VDC, 1.40 Amp/Phase, 6282, 1/3 Stepping



Anexo D: Lcd grafico 128x64

I. Precautions in use of LCD Modules

- (1) Avoid applying excessive shocks to the module or making any alterations or modifications to it.
- (2) Don't make extra holes on the printed circuit board, modify its shape or change the components of LCD module.
- (3) Don't disassemble the LCM.
- (4) Don't operate it above the absolute maximum rating.
- (5) Don't drop, bend or twist LCM.
- (6) Soldering only to the I/O terminals.
- (7) Storage: please storage in anti-static electricity container and clean environment.

II. General Specification

Item	Dimension	Unit
Number of Characters	128 x 64 Dots	—
Module dimension	75.0 x 52.7 x 8.9(MAX)	mm
View area	60.0 x 32.6	mm
Active area	55.0 x 27.48	mm
Dot size	0.4 x 0.4	mm
Dot pitch	0.44 x 0.44	mm
LCD type	STN Negative, Transmissive, blue	
Duty	1/64	
View direction	6 o'clock	
Backlight Type	Edge LED White	

III. Absolute Maximum Ratings

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Operating Temperature	T_{op}	-20	—	+70	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-30	—	+80	°C
Input Voltage	V_i	0	—	V_{cc}	V
Supply Voltage For Logic	V_{cc}	0	—	6.7	V
Supply Voltage For LCD	$V_{cc}-V_{cs}$	0	—	16.7	V

IV. Electrical Characteristics

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage For Logic	$V_{cc}-V_{cs}$	—	4.75	5.0	5.25	V
Supply Voltage For LCD	$V_{cc}-V_c$	$T_a=-20^{\circ}$	—	—	9.5	V
		$T_a=25^{\circ}$	—	8.5	—	V
		$T_a=70^{\circ}$	7.5	—	—	V
Input High Volt.	V_{ih}	—	$0.7V_{cc}$	—	V_{cc}	V
Input Low Volt.	V_{il}	—	0	—	$0.3V_{cc}$	V
Output High Volt.	V_{oh}	—	2.4	—	—	V
Output Low Volt.	V_{ol}	—	—	—	0.4	V
Supply Current	I_{cc}	—	—	1.5	—	mA

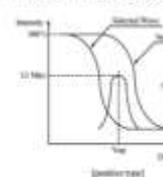
VI. Interface Description

Pin No.	Symbol	Level	Description
1	VDD	S.OV	Supply voltage for logic
2	V_{cs}	OV	Ground
3	V_c	(Variable)	Operating voltage for LCD
4	DB0	H/L	Data bit 0
5	DB1	H/L	Data bit 1
6	DB2	H/L	Data bit 2
7	DB3	H/L	Data bit 3
8	DB4	H/L	Data bit 4
9	DB5	H/L	Data bit 5
10	DB6	H/L	Data bit 6
11	DB7	H/L	Data bit 7
12	CS1	L	Select Column 1~ Column 8/4
13	CS2	L	Select Column 65~ Column 128
14	RST	L	Reset signal
15	R/W	H/L	H: Read (MPU+Module), L: Write (MPU+Module)
16	DI	H/L	H: Data, L: Instruction
17	E	H	Enable signal
18	Vee	—	Negative Voltage output
19	A	—	Power Supply for LED backlight (+)
20	K	—	Power Supply for LED backlight (-)

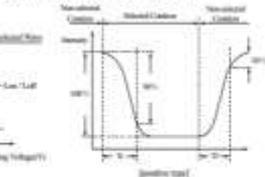
V. Optical Characteristics

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
View Angle	(V)	CR=2	10	—	105	deg
	(H)	CR=2	-30	—	30	deg
Contrast Ratio	CR	—	—	3	—	—
Response Time	T rise	—	—	200	300	ms
	T fall	—	—	200	300	ms

Definition of Operation Voltage (Vop)



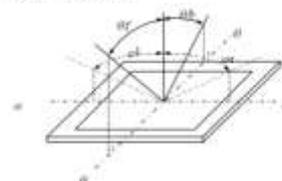
Definition of Response Time (Tr, Tf)



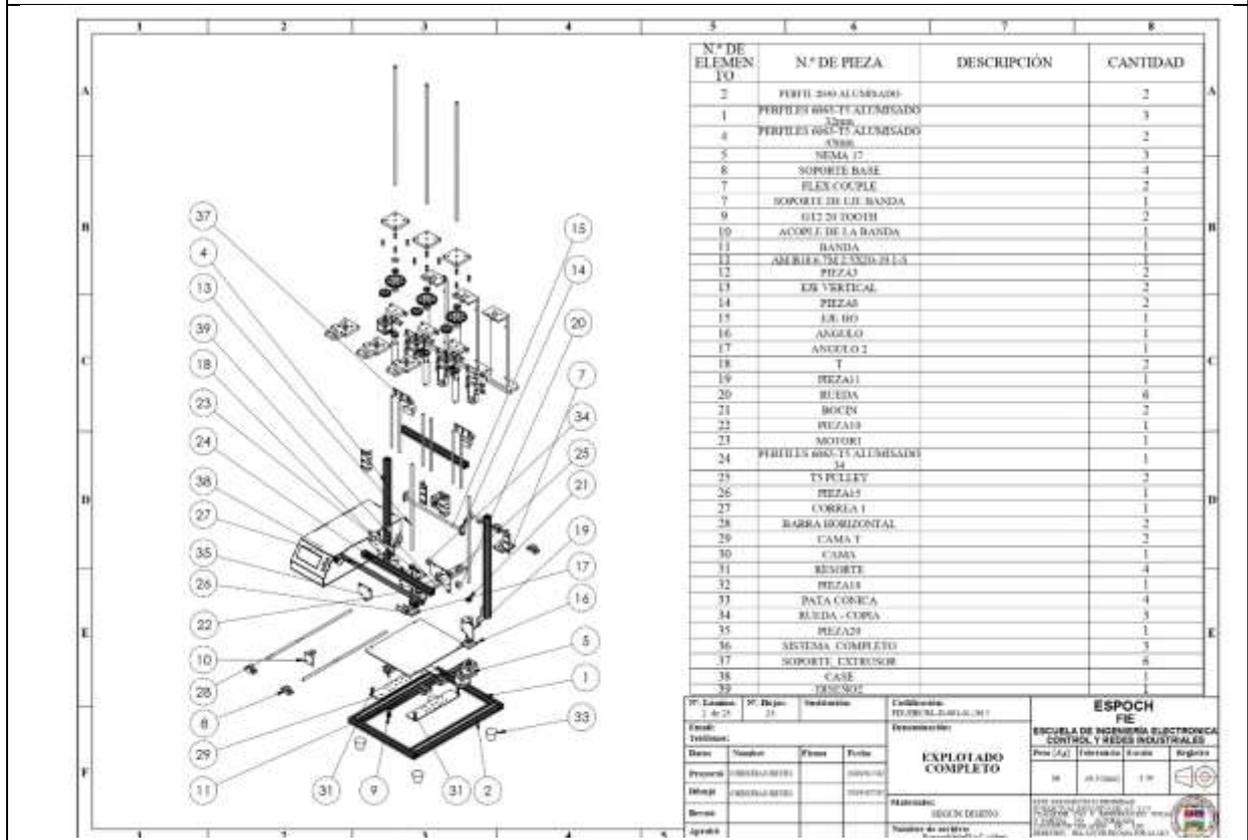
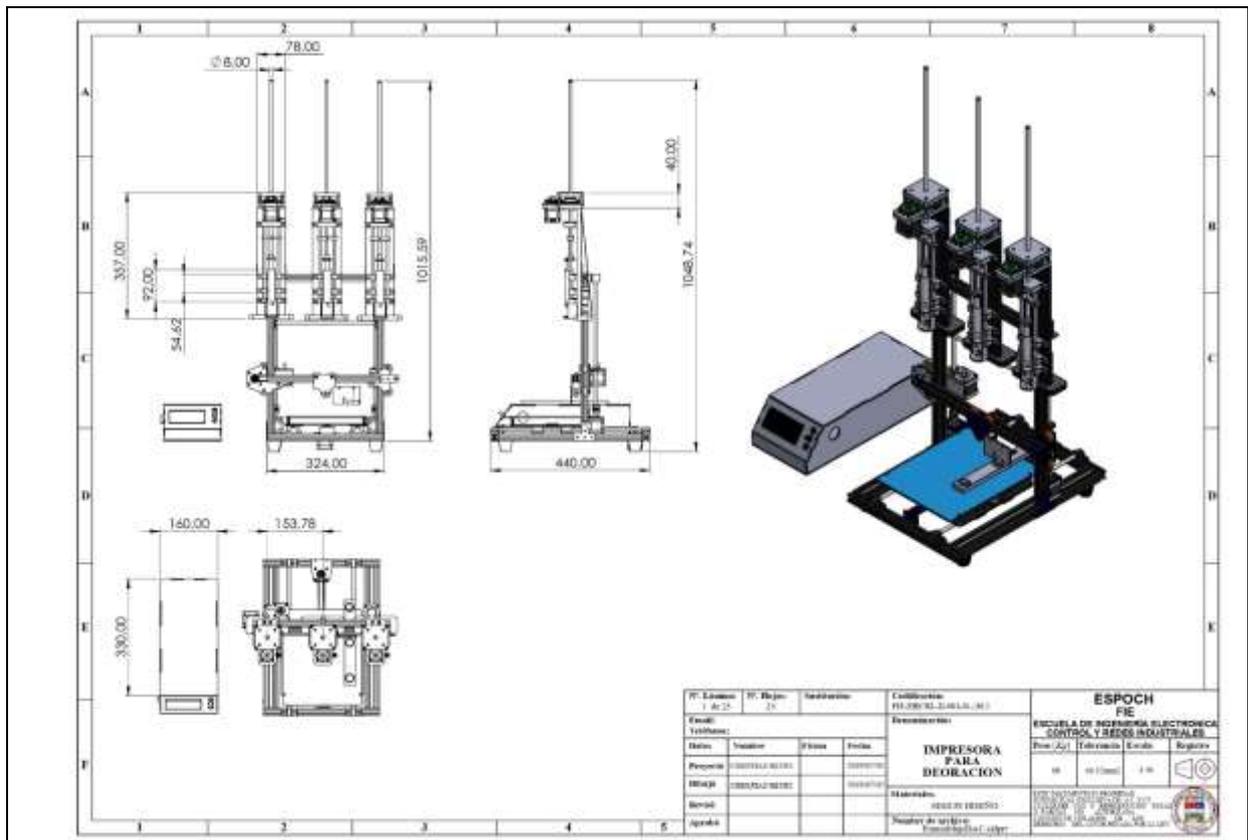
Conditions:

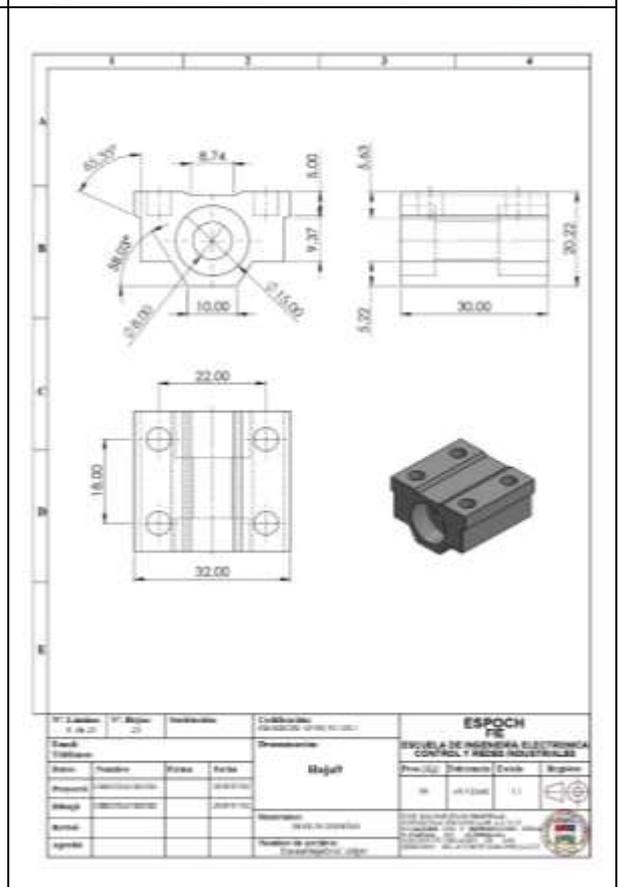
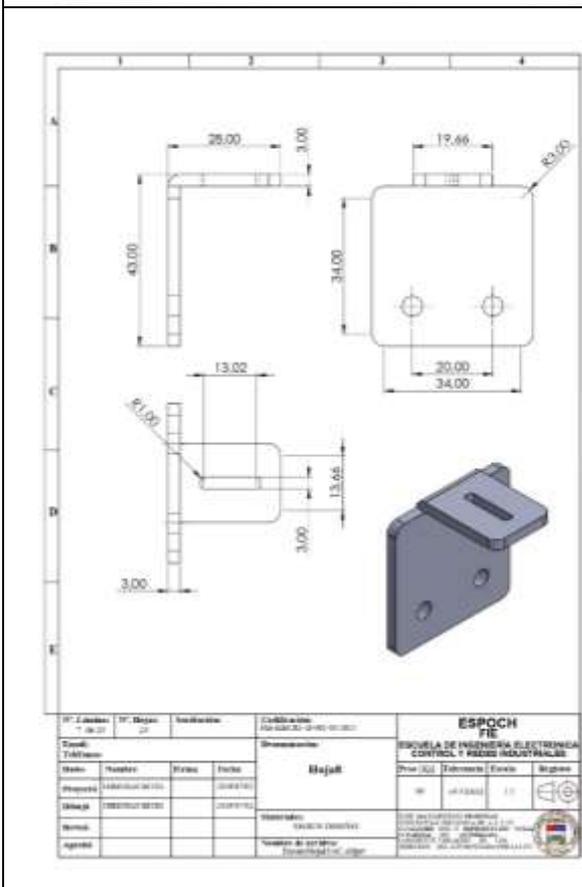
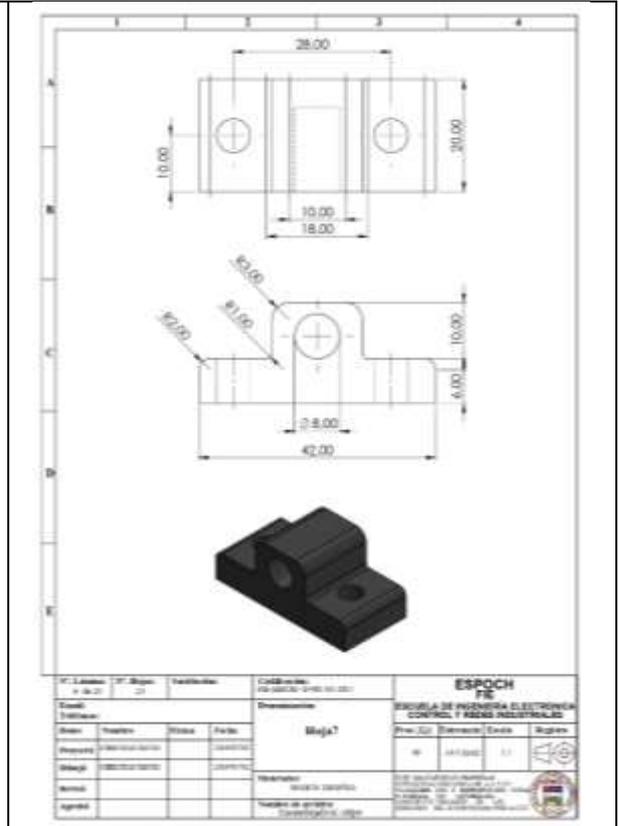
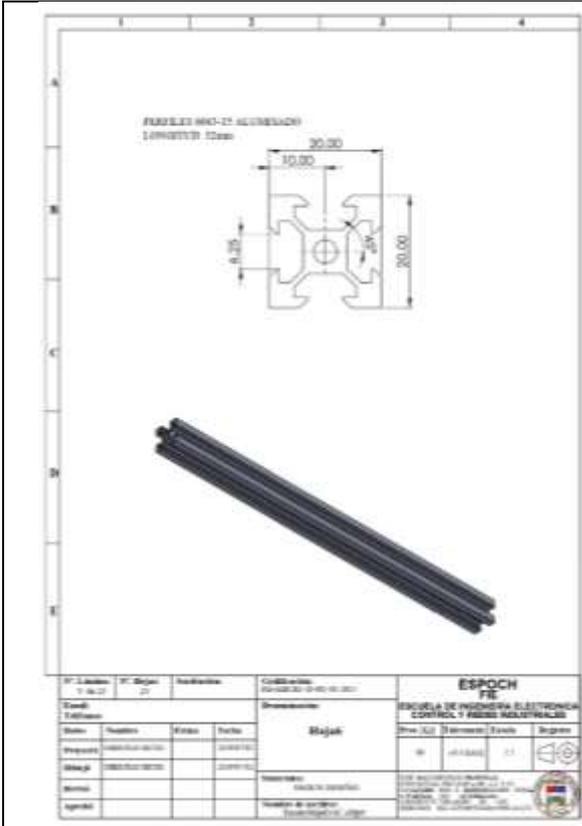
Operating Voltage : Vop
Frame Frequency : 60 HZ
Viewing Angle(-) : 0° - 0°
Driving Waveform : 50% duty, 1/2 bias

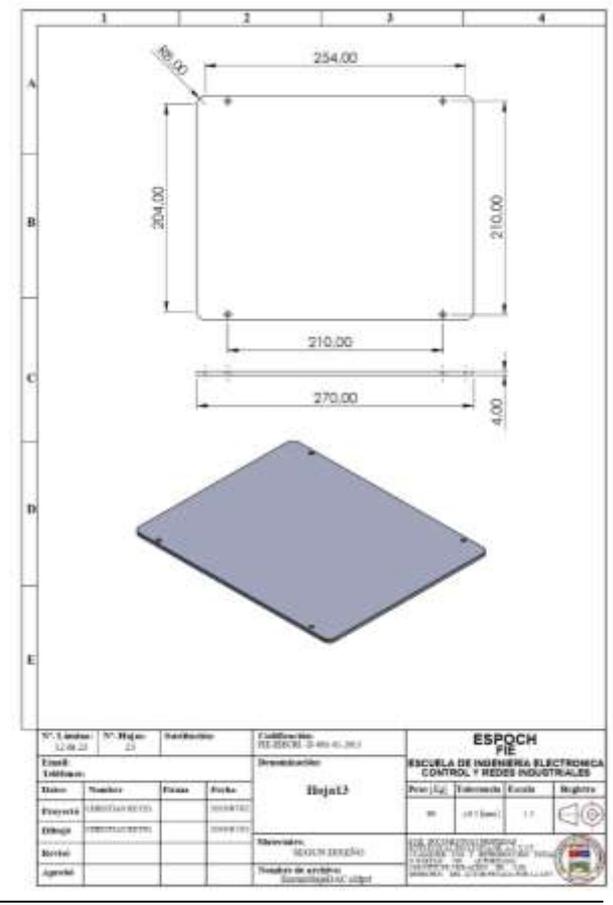
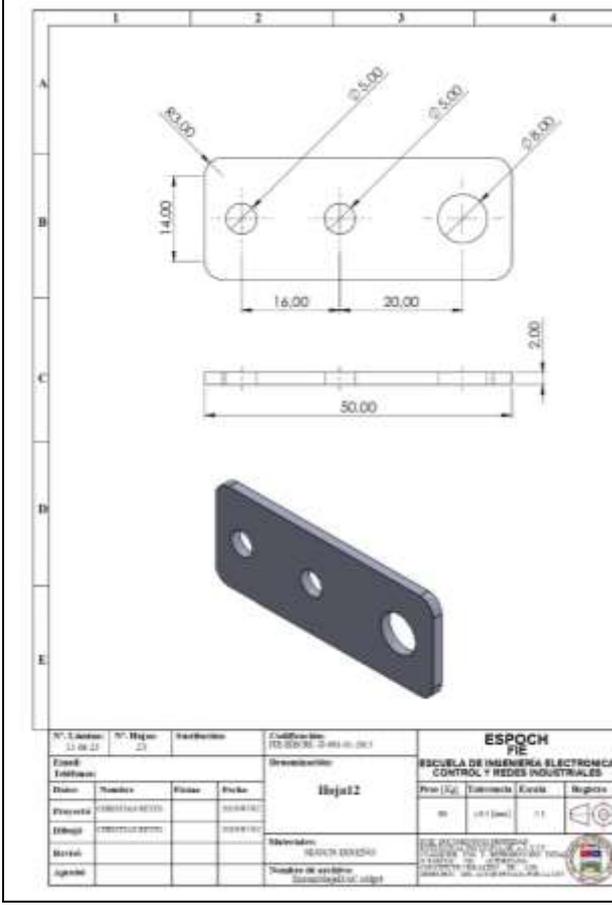
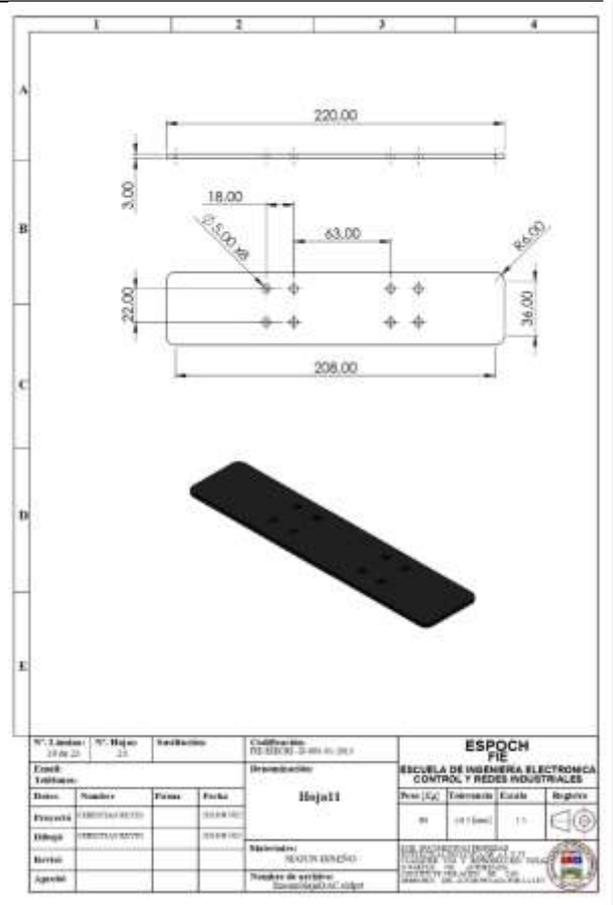
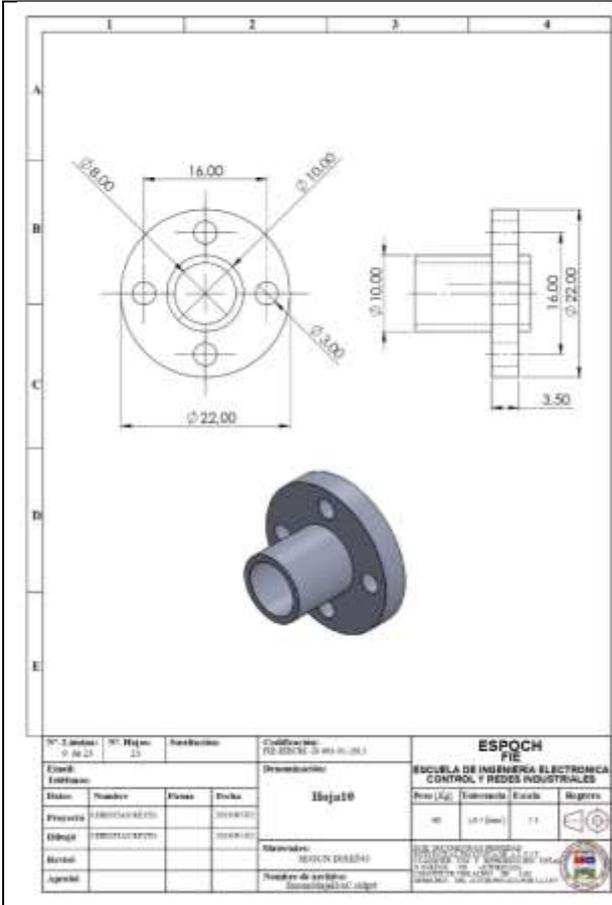
Definition of viewing angle(CR=2)

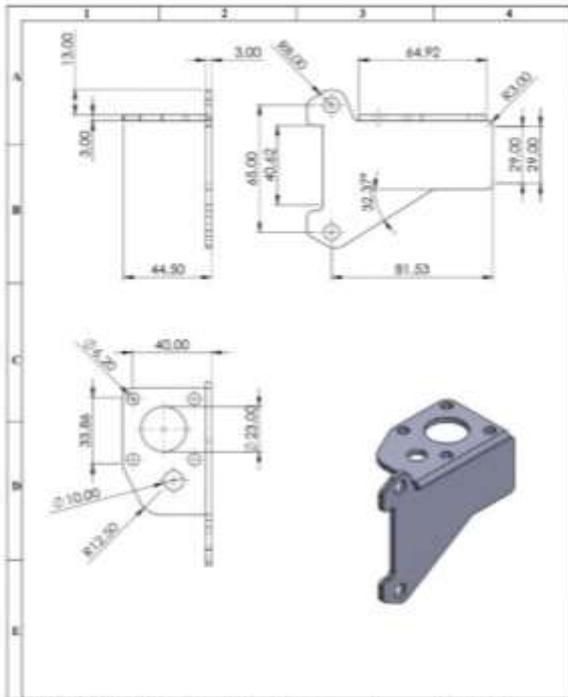


Anexo E: Explotado completo impresora

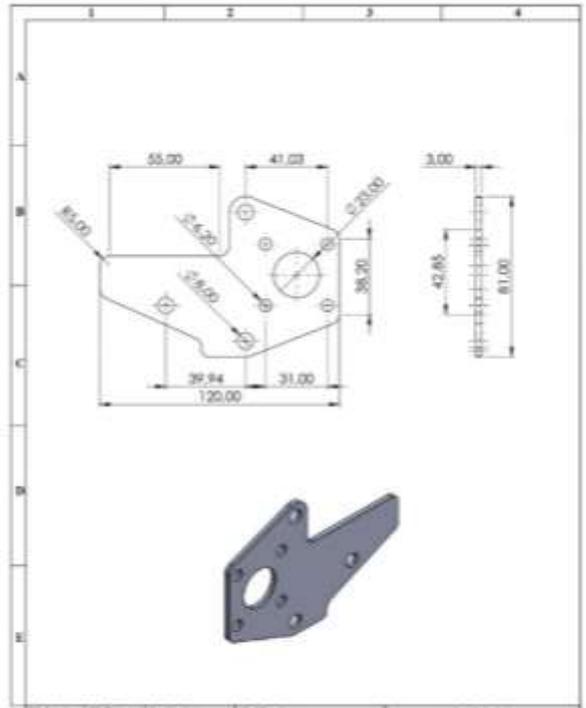




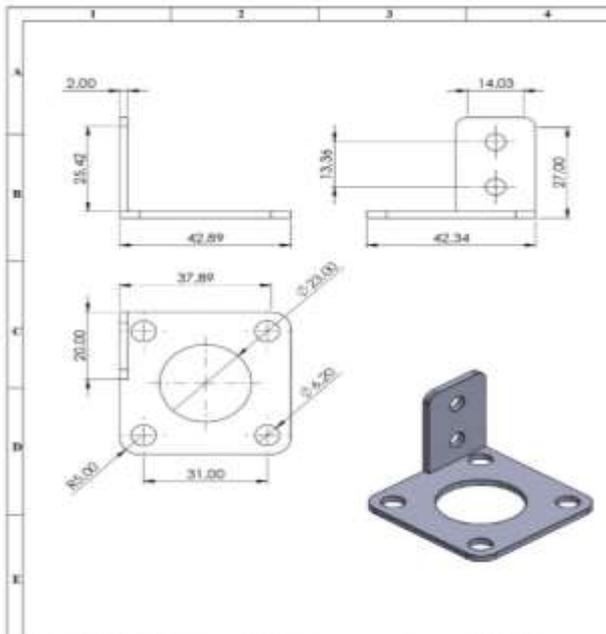




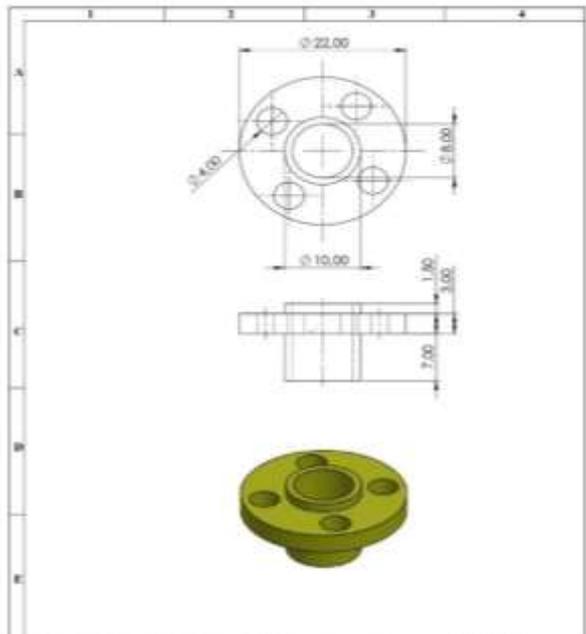
N° Lámina	N° Hoja	Nombre	Colaborador	ESPOCH FIE			
14 de 21	21		19 03/2019 19:00:41 2019	ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES			
Escala				Hojas14			
Elaboró	Revisó	Probar	Fecha	Plan (A3)	Elaborado	Fecha	Registro
Proyectó	Revisó	Probar	2019/03/21	19	19/03/2019	11	
Dibujó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales			
Montó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales de producción			
Aprobó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales de producción			



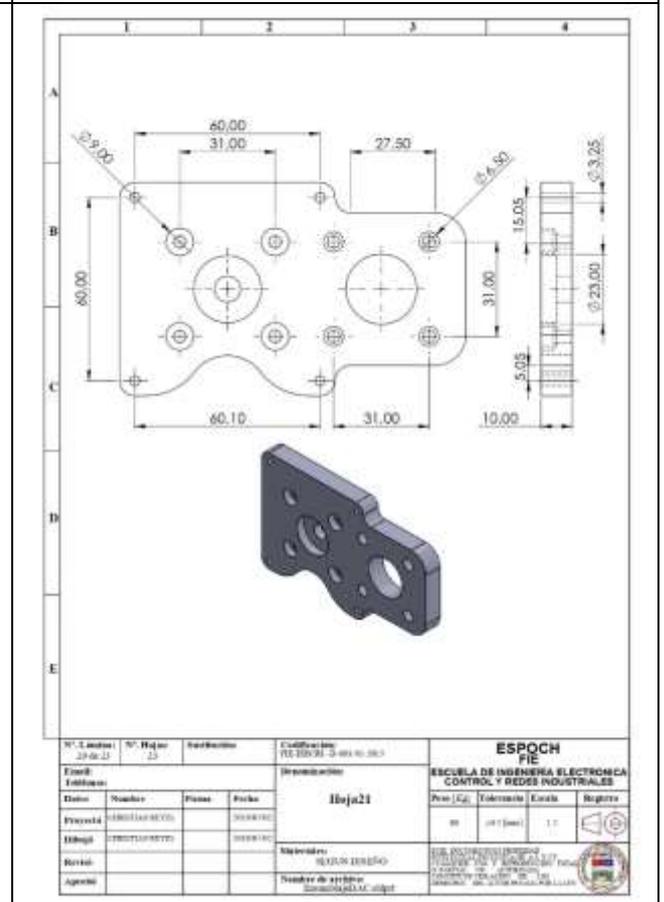
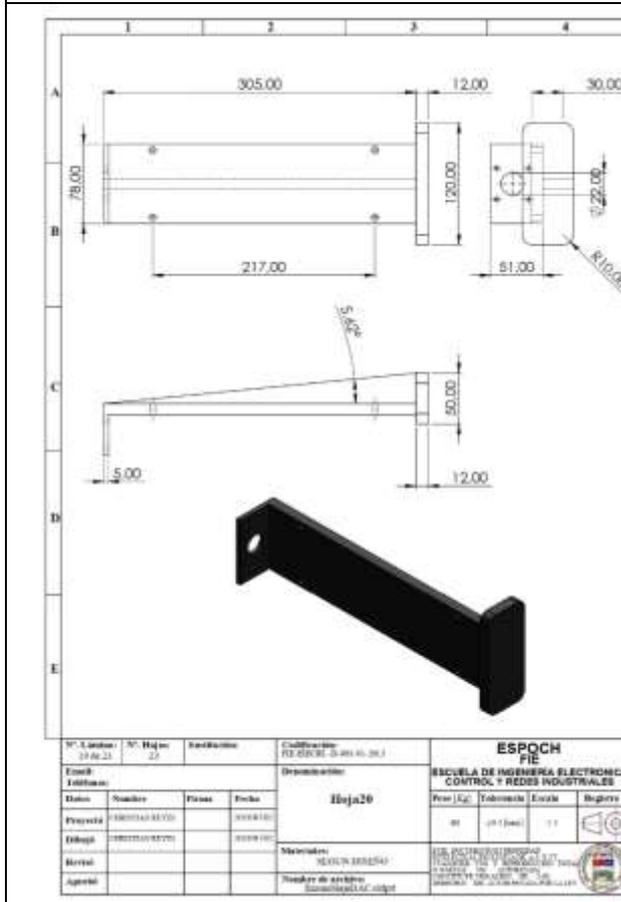
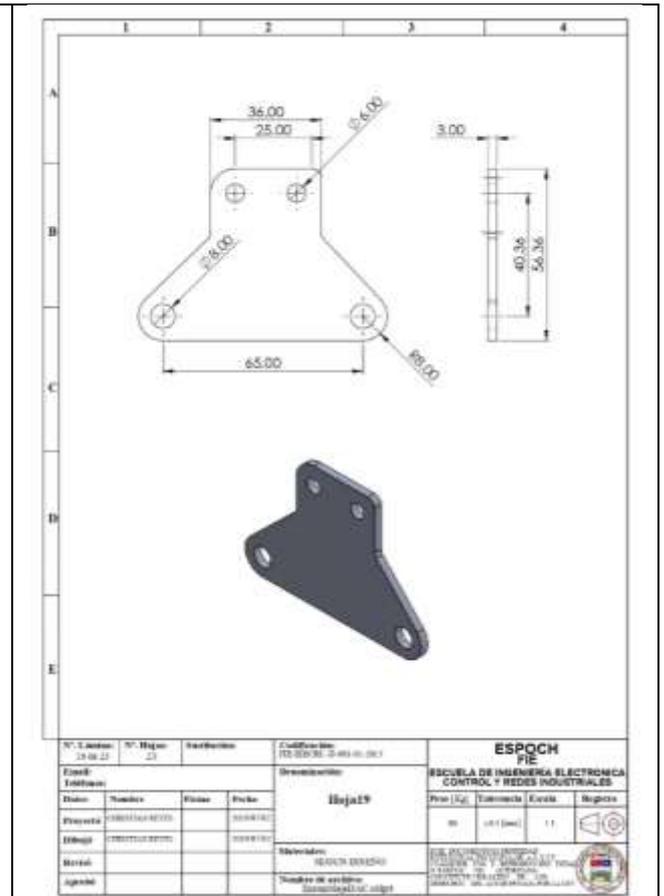
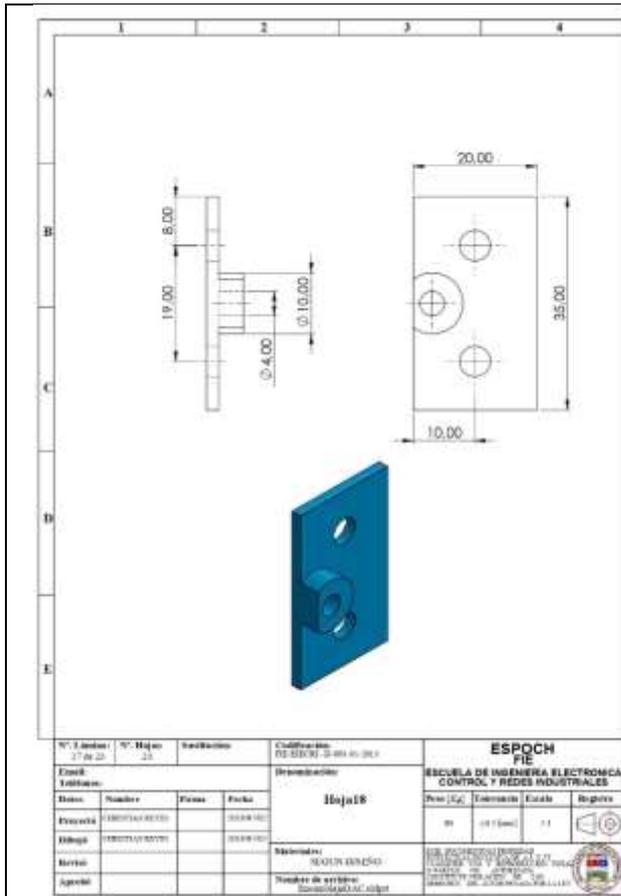
N° Lámina	N° Hoja	Nombre	Colaborador	ESPOCH FIE			
15 de 21	21		19 03/2019 19:00:41 2019	ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES			
Escala				Hojas15			
Elaboró	Revisó	Probar	Fecha	Plan (A3)	Elaborado	Fecha	Registro
Proyectó	Revisó	Probar	2019/03/21	19	19/03/2019	11	
Dibujó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales			
Montó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales de producción			
Aprobó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales de producción			

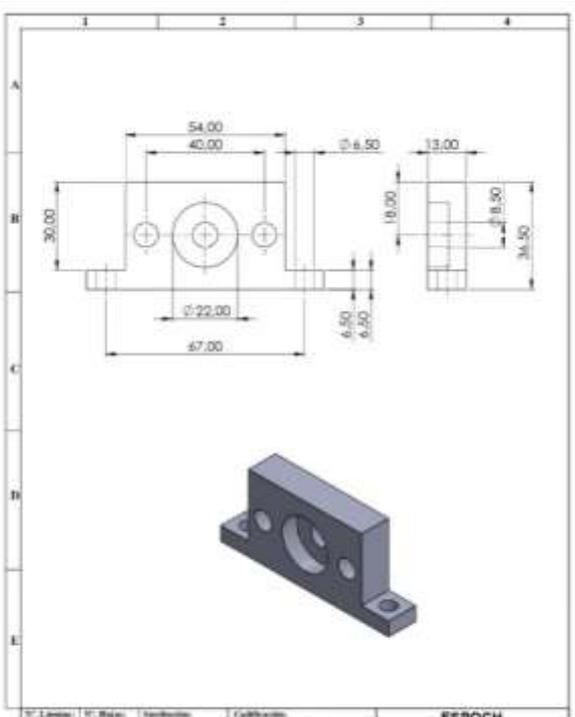


N° Lámina	N° Hoja	Nombre	Colaborador	ESPOCH FIE			
16 de 21	21		19 03/2019 19:00:41 2019	ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES			
Escala				Hojas16			
Elaboró	Revisó	Probar	Fecha	Plan (A3)	Elaborado	Fecha	Registro
Proyectó	Revisó	Probar	2019/03/21	19	19/03/2019	11	
Dibujó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales			
Montó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales de producción			
Aprobó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales de producción			

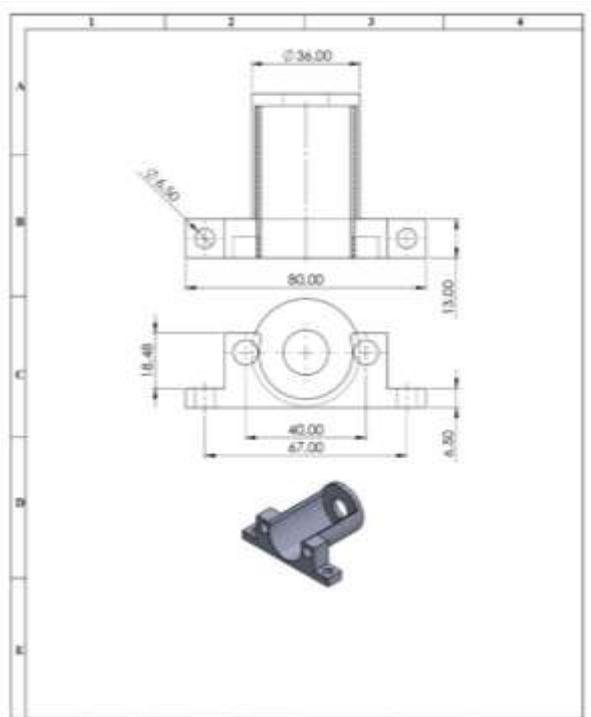


N° Lámina	N° Hoja	Nombre	Colaborador	ESPOCH FIE			
17 de 21	21		19 03/2019 19:00:41 2019	ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES			
Escala				Hojas17			
Elaboró	Revisó	Probar	Fecha	Plan (A3)	Elaborado	Fecha	Registro
Proyectó	Revisó	Probar	2019/03/21	19	19/03/2019	11	
Dibujó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales			
Montó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales de producción			
Aprobó	Revisó	Probar	2019/03/21	Materiales de producción			

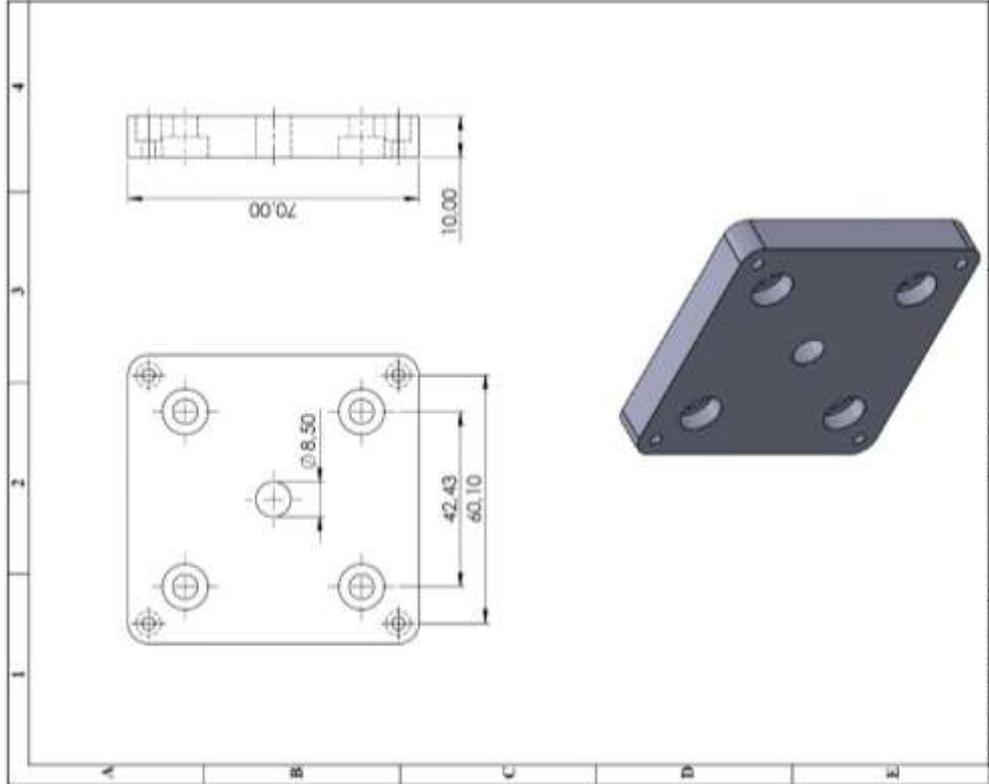




N° Lámina: 22		N° Hoja: 22		Escuela: ESPOCH		Carreras: INGENIERIA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Escala: 1:1		Fecha: 2023-09-22		Materia: Hoja 22		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Diseño: []		Revisión: []		Materia: Hoja 22		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Proyecto: []		Fecha: []		Materia: Hoja 22		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Hoja: []		Fecha: []		Materia: Hoja 22		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Servicio: []		Fecha: []		Materia: Hoja 22		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Aprobado: []		Fecha: []		Materia: Hoja 22		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	



N° Lámina: 23		N° Hoja: 23		Escuela: ESPOCH		Carreras: INGENIERIA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Escala: 1:1		Fecha: 2023-09-22		Materia: Hoja 23		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Diseño: []		Revisión: []		Materia: Hoja 23		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Proyecto: []		Fecha: []		Materia: Hoja 23		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Hoja: []		Fecha: []		Materia: Hoja 23		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Servicio: []		Fecha: []		Materia: Hoja 23		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Aprobado: []		Fecha: []		Materia: Hoja 23		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	



N° Lámina: 24		N° Hoja: 24		Escuela: ESPOCH		Carreras: INGENIERIA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Escala: 1:1		Fecha: 2023-09-22		Materia: Hoja 24		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Diseño: []		Revisión: []		Materia: Hoja 24		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Proyecto: []		Fecha: []		Materia: Hoja 24		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Hoja: []		Fecha: []		Materia: Hoja 24		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Servicio: []		Fecha: []		Materia: Hoja 24		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	
Aprobado: []		Fecha: []		Materia: Hoja 24		Título: ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	



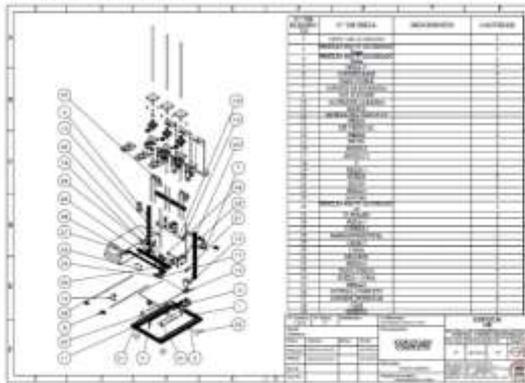
**MANUAL DE USUARIO IMPRESORA DE ALIMENTOS APLICABLE
EN DULCES DE GUAYABA**

AUTOR: Christian Paúl Reyes Orozco

1. Contenido de la Impresora de Alimentos

- RR Estructura de aluminio (8 perfiles)
- Cama (250*300) mm
- Fuente de poder 12 V 40 A
- Tarjeta Rumba Plus
- Display LCD
- 7 motores a pasos Nema 17 con sus respectivos cables de alimentación
- 1 Sensor final de Cama con sus respectivos cables de conexión
- 1 Extrusora con porta Jeringa
- 3 Tornillos sin fin Extrusora
- 2 Tornillos sin fin E-Z
- 2 Correas dentadas para los ejes X,Y
- 2 Perfiles de aluminio Cama
- 6 Perfiles de aluminio Extrusora 2 C/U
- 3 jeringuillas para Extrusora
- 3 Mangueras para Extrusora
- Boquilla lineal de 3 servicios

2. PARTES DE LA IMPRESORA



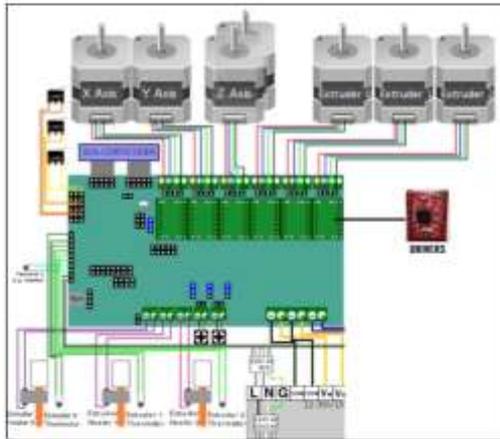
3. BOTONES/TECLAS



Nº	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
1	RESET	Reinicia a la impresora en el caso que se quede trabada o sin concluir una impresión.
2	POTENCIOMETRO	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar con movimientos giratorios. A la derecha en la pantalla se desplaza hacia abajo y a la izquierda se desplaza hacia arriba • Pulsando el botón giratorio seleccionamos la opción indicada.
3	ON/OFF	Permite encender o apagar la impresora según se desee (On y Off).
4	RAMPA SD	Permite ingresar una tarjeta SD para ser leída por la tarjeta e imprimir los archivos STL que contiene.
5	BUZZER	Permite escuchar los sonidos de movimiento y selección de las opciones.
6	PANTALLA LCD	Permite visualizar las opciones que ofrece la impresora.

7	CONECTOR FUENTE	Alimenta la fuente con un voltaje de 110 V
8	VENTILADOR	Es el encargado de mantener los dispositivos de la placa interna de la caja en la temperatura ideal para evitar recalentamientos.

4. Diagrama de conexión Tarjeta Rumba Plus



5. FUNCIONAMIENTO DE LA IMPRESORA

La impresora de objetos puede modificar sus parámetros de dos formas distintas:

5.1. MODIFICACIÓN POR PANTALLA LCD

Para esta acción solo se necesita mover y apitar los parámetros a nuestros requerimientos de acuerdo a lo que nos indica la pantalla LCD con la ayuda del potenciómetro.



Nos ofrece las distintas opciones de modificación:



Nos indica los niveles de temperatura ambiente, si la tarjeta SD está insertada el porcentaje de impresión que tiene el objeto y el tiempo. Así como también si la tarjeta está lista para usarse.

- **PREPARAR**

En esta opción se utiliza para ajustar la impresora para antes de imprimir, nos ofrece los siguientes parámetros.

Mover los motores de los ejes y de los extrusores 1mm, 10mm, 100mm.



También calibra el inicio de la impresión con la opción de llevar al origen la cama.



Ajustar desfases permite apagar y encender los motores y la impresora de forma manual.



- **CONTROL**

Este parámetro nos permite modificar y controlar los niveles de temperatura, movimientos como velocidades y aceleraciones de los motores.



En la opción Movimiento podemos controlar las velocidades, aceleraciones, paso por mm de los motores para la impresión de los ejes y de los extrusores.



5.2. MODIFICACIÓN POR SOFTWARE

Para esta opción se utiliza el software MatterControl el cual permite modificar todos los parámetros mencionados anteriormente por la pantalla LCD con una conexión usb de la tarjeta con el ordenador.

El primer paso: Conectamos la impresora al software, debe estar disponible en la opción desplegable de la barra superior.



Regresamos a la opción control y configuraciones y esta ventana nos ofrece los apartados de ajustes, controles y opciones.

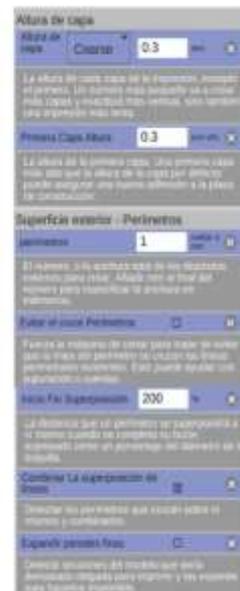


En ajustes tenemos los generales y de la impresora.

- **GENERALES**

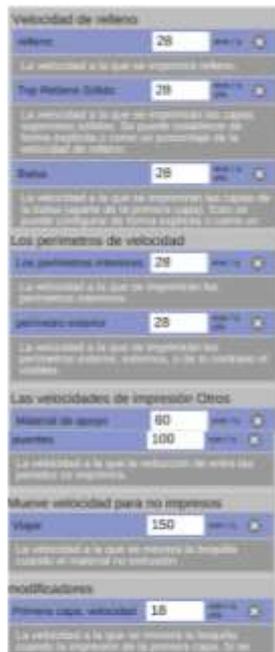
- **Capas**

En esta opción seleccionamos la altura de impresión de 3mm, los perímetros que deseamos que se imprima, etc. En cada opción hay una breve descripción para que sirve cada uno de ellos.



- **Velocidad**

Permite escoger las velocidades de las primeras impresiones, la velocidad de refresco entre otras.



• **Material de Apoyo**

Se modificó el ángulo de refino y la distancia entre ejes



• **IMPRESORA**

Seleccionamos el área a imprimir y las coordenadas, así también las coordenadas del centro de origen de la cama que deseamos. También la forma rectangular de la cama.



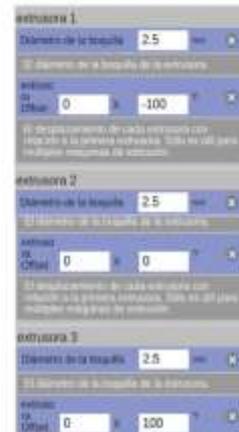
• **Custom G-Code**

Transforma el diseño en líneas de código G que la máquina entienda y proceda a imprimir.



• **Extrusora**

Seleccionamos el diámetro de la boquilla de extrusión de los 3 extrusores



• **CONTROLES**

Se puede variar o mover los motores de los ejes como de los extrusores en distancia de 1, 10, 100 mm y llevar al origen el sistema.



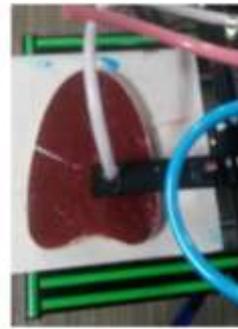
C. IMPRESIÓN

• Pasos para imprimir en el dulce de guayaba un diseño

1. Alimentar la impresora, encender y conectar el cable serial USB
2. Llenar las jeringuillas del material con el color a imprimir y abnervar las mangueras a las boquillas



3. Colocar el dulce de guayaba en su posición para la impresión.



4. Diseñar en un software CAD la plantilla que se desea plasmar. En nuestro caso Solidworks



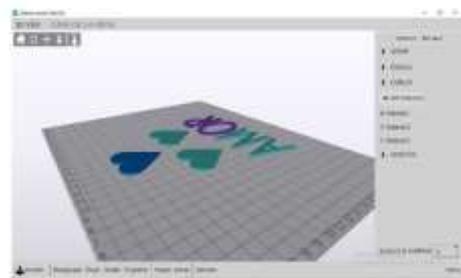
5. Abrir el software MátterControl, seleccionar la tarjeta configurada, cargar el diseño CAD



6. Seleccionar Capa de la Vista y generar



7. En la opción Editar, escoger el color que se desea imprimir para cada letra o diseño.



8. Imprimir



9. Retirar el dulce Decorado.