



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES

TEMA:

**“SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPÓSITO DE SEMICONDUCTORES
ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMÉRICOS”**

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas de Control

AUTOR: Alex Omar Llamba Lema

TUTOR: Ing. Mg. Santiago Altamirano.

Ambato - Ecuador

Octubre, 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Tema:

“Sistema de Impresión para el Depósito de Semiconductores Orgánicos Embebidos en materiales Poliméricos”, del señor Alex Omar Llamba Lema, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones , de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad técnica de Ambato

Ambato, octubre de 2018

EL TUTOR




Ing. Mg. Santiago Altamirano.

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado “**Sistema de Impresión para el Depósito de Semiconductores Orgánicos Embebidos en materiales Poliméricos**”. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, octubre de 2018

Alex Omar Llamba Lema



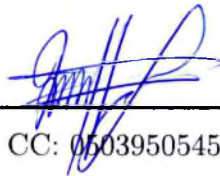
CC: 0503950545

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para lectura, consulta y procesos de investigación. Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, octubre de 2018

Alex Omar Llamba Lema



CC: 0503950545

APROBACIÓN COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes PhD Carlos Gordón y PhD Alberto Rios, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “**Sistema de Impresión para el Depósito de Semiconductores Orgánicos Embebidos en materiales Poliméricos**”, presentado por el señor Alex Omar Llamba Lema de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

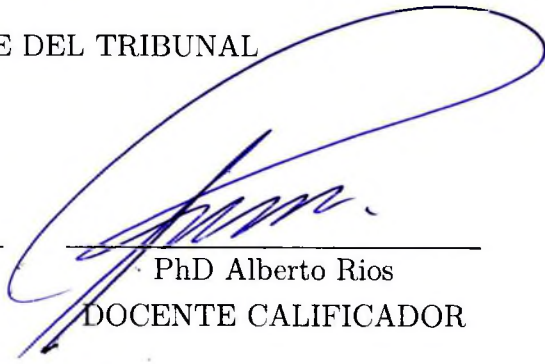


Ing. Pilar Urrutia

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



PhD Carlos Gordón
DOCENTE CALIFICADOR



PhD Alberto Rios
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi Dios por guiarme en mi camino, cuidar de toda mi familia, y estar siempre conmigo.

A mis tesoros más grandes, mi mamita querida Prudencia las palabras me quedan cortas para agradecerte todo lo que me has dado en esta vida, siempre confiaste en mí no te importaba las malas noches o las madrugadas por que siempre estabas ahí ayudándome en las buenas y en las malas buscando lo mejor para mí, guiándome como lo hace una madre.

A mi papito querido Efraín gracias por todo lo que siempre me enseñas, las cosas se logran con mucho empeño y dedicación, por enseñarme a soñar y luchar por esos sueños hasta alcanzarlos, como tu siempre lo haces, sabes que eres mi inspiración para ser mejor en la vida, gracias papi y mami ustedes son los ingenieros de mi vida, porque ustedes se ingeniaron en como darme el estudio.

A mis dos queridos hermanos Alvaro y Marlon por siempre confiar en mi, ayudarme cuando lo necesita y ser una de mis grandes fortalezas, siempre voy ha dar lo mejor de mí para ser su ejemplo.

Alex Omar Llamba Lema

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la santísima Virgen del Cisne por cuidarme en cada paso que doy y permitir culminar un escalón más de mi vida.

A mis amigos de la Universidad el Team con los que he compartido alegrías y tristezas, como siempre nosotros aprovechando las cosas buenas que nos regala la vida. A mi querido y eterno amigo, compañero y como te llamaba primo, por ser un gran persona desde el colegio hasta la universidad, se que hoy ya no estás con nosotros pero nos sigues compartiendo tu sabiduría como siempre lo hacías, gracias por todo Tito Paúl.

A mi segunda familia SAIS 3D por apoyarme en este peldaño, enseñarme a ver la vida de una manera diferente por compartir todo sus conocimientos sin ningún recelo y sobre todo formarme como profesional, gracias Diego, Carlos y Fabricio como dicen no se trata sólo de hacer bien las cosas, sino de hacerlas extraordinarias, gracias por todo amigos, gracias a todo el Dream Team.

Gracias a mis tutores, Ing. Santiago Altamirano y al Ing. Freddy del Pozo por ayudarme a culminar este gran proceso compartiendo todos sus conocimientos.

A la facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial por permitir realizar mis estudios en sus aulas y prepararme para la vida profesional.

Alex Omar Llamba Lema

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN COMISIÓN CALIFICADORA	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
INTRODUCCIÓN	xxiii
CAPÍTULO 1 Problema	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Delimitación	2
1.4 Justificación	2
1.5 Objetivos	3
1.5.1 General	3
1.5.2 Específicos	3
CAPÍTULO 2 Marco Teórico	4
2.1 Antecedentes Investigativos	4
2.2 Fundamentación teórica	6
2.2.1 Sistema de Impresión	6
2.2.1.1 Tipos de Sistema de Impresión.	6
2.2.2 Sistema de impresión directa 3D	6
2.2.3 Tecnologías de Impresión 3D	7
2.2.3.1 Modelado de deposición fundido (FDM)	7
2.2.3.2 Estereolitografía (SLA)	8

2.2.3.3	Sinterización láser selectiva (SLS)	9
2.2.4	Materiales para la impresión 3D	10
2.2.5	Diseño para impresión 3D	11
2.2.6	Aplicaciones de la Impresión 3D	12
2.2.6.1	Aeroespacial	12
2.2.6.2	Industria de la arquitectura	13
2.2.6.3	Industria automovilística	13
2.2.6.4	Productos de consumo	13
2.2.7	Ventajas y desventajas del sistema de Impresión 3D	15
2.2.7.1	Ventajas de un sistema de Impresión 3D.	15
2.2.7.2	Desventajas de un sistema de Impresión 3D.	15
2.2.8	Semiconductores Orgánicos	15
2.2.9	Electrónica Orgánica	16
2.2.9.1	Semiconductor Orgánico vs Inorgánico	17
2.2.9.2	Propiedades Básicas de los Semiconductores Orgánicos	18
2.2.9.3	Tipos de semiconductores Orgánicos.	19
2.2.9.4	Aplicaciones de Semiconductores Orgánicos	20
2.2.10	Materiales Poliméricos	21
2.2.10.1	Clasificación de los polímeros basada en la fuente . .	21
2.2.10.2	Características de las moléculas de polímero.	21

CAPÍTULO 3 Metodología **23**

3.1	Modalidad de investigación	23
3.2	Recolección de información	23
3.3	Procesamiento y análisis de datos	24
3.4	Desarrollo del proyecto	24
3.5	Recursos	25
3.5.1	Institucionales	25
3.5.2	Humanos	25
3.5.3	Materiales	25

CAPÍTULO 4 Desarrollo de la propuesta **26**

4.1	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	26
4.1.1	Factibilidad técnica	26
4.1.2	Factibilidad bibliográfica	26
4.1.3	Factibilidad económica	27
4.2	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA	27
4.2.1	Requerimientos	27

4.2.2	Necesidades del usuario	28
4.2.3	Requerimientos técnicos	29
4.3	Propuesta	29
4.3.1	Descripción de los subsistemas de la propuesta.	30
4.3.2	Selección de los componentes.	31
4.3.3	Subsistema de estructura	32
4.3.3.1	Corte Láser	32
4.3.3.2	Impresión 3D y Ensamble de perfiles	33
4.3.3.3	Metal	34
4.3.4	Subsistema de Depósito.	36
4.3.4.1	Roll On	36
4.3.4.2	Tipo Jeringa	37
4.3.4.3	Tipo Rodillo	38
4.3.5	Subsistema Cama Caliente.	39
4.3.5.1	Mini Square PCB	40
4.3.5.2	MK2b	41
4.3.5.3	Keenovo Flexible Silicone	42
4.3.6	Subsistema de Movilidad.	43
4.3.6.1	Motor DC Fountain 42PA775	44
4.3.6.2	Motor a pasos Nema 17	44
4.3.7	Transmisión del movimiento.	46
4.3.7.1	Husillo de Bolas	46
4.3.7.2	Tornillo sin fin	47
4.3.7.3	Banda dentada GT2	48
4.3.8	Subsistema de Control	49
4.3.8.1	Fin de carrera óptico	49
4.3.8.2	Fin de carrera mecánico	50
4.3.8.3	Fin de carrera magnético	51
4.3.9	Mecanismo del sensor de proximidad	52
4.3.9.1	Sensor 3D BL Touch.	52
4.3.9.2	Sensor Inductivo.	53
4.3.10	Tarjeta controladora	54
4.3.10.1	Ramps 1.4	54
4.3.10.2	RAMBo v1.3L	55
4.3.11	Raspberry Pi3	56
4.3.11.1	Geeetech GT2560	57
4.3.12	Módulo driver para motor a pasos	59

4.3.12.1	Pololu-A4988	59
4.3.12.2	Pololu-DRV8825	60
4.3.13	Panel de control	61
4.3.13.1	Reprap LCD2004	62
4.3.13.2	Reprap LCD12864	62
4.3.14	Software.	64
4.3.14.1	Matter Control.	64
4.3.14.2	Repetier Host.	65
4.3.15	Firmware.	67
4.3.15.1	Repetier.	68
4.3.15.2	Marlin.	68
4.3.15.3	Subsistema de Alimentación.	70
4.4	Diseño del prototipo.	70
4.4.1	Diseño del subsistema de movimiento (eje y)	71
4.4.1.1	Cálculo del diámetro de los ejes para el plano Y	72
4.4.1.2	Cálculo del torque necesario para el motor en el palo Y.	75
4.4.2	Diseño del subsistema de movimiento (eje x)	77
4.4.2.1	Cálculo del diámetro de los ejes para el plano X	78
4.4.2.2	Cálculo del torque necesario para el motor en el palo X.	81
4.4.3	Diseño del subsistema de movimiento (eje Z)	83
4.4.3.1	Cálculo del torque necesario para el motor en el palo Z.	83
4.4.4	Diseño del subsistema de alimentación	85
4.4.4.1	Cálculo de la potencia necesaria	85
4.4.5	Diseño del subsistema de control	87
4.4.5.1	Tarjeta de control	87
4.4.5.2	Pines de comunicación.	88
4.4.5.3	Componentes electrónicos principales.	89
4.4.5.4	Conectores principales.	89
4.4.5.5	Diagrama de bloques del sistema electrónico.	90
4.4.5.6	Diagrama funcional del sistema electrónico.	91
4.4.6	Firmware	91
4.4.6.1	Descargar - software y firmware	91
4.4.6.2	Modificación del Firmware.	92
4.4.6.3	Cargar el Firmware a la placa GT2560.	96

4.4.7	Software	98
4.4.7.1	Instalación del software.	98
4.5	Diseño del subsistema de Depósito	102
4.6	Diseño del subsistema de Estructura.	105
4.6.1	Estructuras diseñadas para ensamble en MDF.	105
4.6.2	Estructuras diseñadas para ensamble en Acrílico.	106
4.6.3	Estructuras diseñadas para ensamble en Aluminio.	106
4.6.4	Estructuras diseñadas para ensamble en Impresión 3D.	107
4.6.5	Diseño final del sistema de impresión.	108
4.7	Implementación del prototipo.	108
4.7.1	Diagrama de construcción.	109
4.7.2	Construcción del subsistema de movilidad.	109
4.7.2.1	Corte de perfiles de aluminio.	109
4.7.2.2	Impresión 3D de acoples.	110
4.7.2.3	Ensamble del subsistema de movilidad.	112
4.7.2.4	Construcción del subsistema de alimentación.	113
4.7.2.5	Construcción del subsistema de control.	115
4.7.2.6	Corte y ensamble de la estructura para LCD.	115
4.7.3	Construcción del subsistema de base caliente.	117
4.7.3.1	Corte en MDF y ensamble del subsistema de base caliente.	117
4.7.4	Construcción del subsistema de depósito.	119
4.7.4.1	Impresión 3D de soportes para actuador.	119
4.7.4.2	Maquinado del actuador.	121
4.7.4.3	Ensamble del subsistema de depósito.	121
4.7.5	Construcción del subsistema de estructura.	122
4.7.5.1	Cortes de la estructura en MDF.	123
4.7.5.2	Cortes de la estructura en acrílico.	124
CAPÍTULO 5 Conclusiones y Recomendaciones.		127
5.1	Conclusiones	127
5.2	Recomendaciones	127
Bibliografía		129
Anexos		139

ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Características de los materiales para impresión 3D	11
2.2	Comparación semiconductor Orgánico vs Inorgánico	18
4.1	Requerimientos generales para el diseño del sistema de Impresión. . .	28
4.3	Subsistema de impresión.	31
4.5	Selección de los componentes.	32
4.7	Ventajas y Desventajas del ensamble por corte Láser.	33
4.9	Ventajas y Desventajas del ensamble de perfiles e impresión 3D . . .	34
4.11	Ventajas y Desventajas del ensamble por chapa Metálica	35
4.13	Selección del método de Manufactura	36
4.15	Ventajas y Desventajas del sistema de depósito por Roll On	37
4.17	Ventajas y Desventajas del sistema de depósito por Jeringa	38
4.19	Ventajas y Desventajas del sistema de depósito por Rodillo	39
4.21	Selección del método de Manufactura	39
4.23	Parámetros de la base caliente-Mini Square PCB	41
4.25	Parámetros de la base caliente-MK2b PCB	42
4.27	Parámetros de la base caliente-Keenovo Flexible Silicone	43
4.29	Selección del mecanismo de Cama Caliente	43
4.31	Parámetros del Motor DC Fountain 42PA775	44
4.33	Motor a pasos Nema 17	45
4.35	Selección del mecanismo de movimiento.	46
4.37	Parámetros del Husillo de Bolas	47
4.39	Parámetros del Tornillo sin fin Trapezoidal	47
4.41	Parámetros del Tornillo sin fin Trapezoidal	48
4.43	Selección de la transmisión de movimiento.	49
4.45	Parámetros del final de carrera óptico	50
4.47	Parámetros del final de carrera mecánico	50
4.49	Parámetros del final de carrera Magnetico	51
4.51	Selección del mecanismo de Finales de Carrera	52
4.53	Parámetros del sensor 3D BL Touch	53
4.55	Parámetros del sensor inductivo	53

4.57	Selección del mecanismo de los sensores de proximidad	54
4.59	Parámetros de la tarjeta Ramps 1.4	55
4.61	Parámetros de la tarjeta RAMBo V1.3L	56
4.63	Parámetros de Raspberry Pi3	57
4.65	Parámetros de Geeetech GT2560	58
4.67	Selección de la tarjeta controladora	59
4.69	Parámetros del módulo driver Pololu-A4988	60
4.71	Parámetros del módulo driver Pololu-DRV8825	61
4.73	Selección del módulo Driver.	61
4.75	Controlador Reprap LCD2004	62
4.77	Controlador Reprap LCD12864	63
4.79	Selección del Controlador LCD.	63
4.81	Parámetros de MatterControl	65
4.83	Parámetros de Repetier Host	66
4.85	Parámetros de Ultimaker Cura	67
4.87	Selección del Software	67
4.89	Parámetros del firmware Repetier.	68
4.91	Parámetros del firmware Marlin.	69
4.93	Selección del Firmware	69
4.95	Elementos del subsistema de movilidad	71
4.97	Tipos de motores Nema 17	76
4.99	Dimensionamiento de potencia en los elementos	86
4.101	Características de la fuente AC/DC	87
4.103	Principales Configuraciones de MatterControl	102
4.105	Propiedades del acero inoxidable según AISI 420	103
4.107	Configuraciones para impresión 3D en MatterControl	112
4.109	Elementos para el ensamble del subsistema de movilidad	113
4.111	Configuraciones para corte de acrílico blanco 3,3mm	115
4.113	Configuraciones para corte de acrílico blanco 5,5mm	118
4.115	Elementos para el ensamble del subsistema de depósito	122

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Representación gráfica de un archivo .STL	7
2.2	Tecnología por Modelado de deposición fundido (FDM)	8
2.3	Enfoques (SLA) (a)Escritura láser (b)Escritura basada en máscara	9
2.4	Tecnología por Sinterización de Láser Selectiva (SLS)	10
2.5	Pasos para la impresión 3D	12
2.6	Aceptación de la impresión 3D	14
2.7	a) Transistor con tubo al vacío b) Celdas solares OSC	16
2.8	Formación del Semiconductor	17
2.9	Estructura molecular de algunos tipos de Semiconductores Orgánicos	19
2.10	Aplicaciones de Semiconductores Orgánicos a) Ventanas inteligentes b) OSCs c) OFET d) Xerografía e) e- paper f) OLED	20
2.11	Estructura molecular del polímero	21
2.12	Característica del polímero	22
4.1	Esquema general de la propuesta	30
4.2	Impresora Geetech I3 fabricada en corte Láser	33
4.3	Mini Router CNC fabricado en Impresión 3D y Perfiles	34
4.4	Cortadora Láser fabricada con perfiles de Metal	35
4.5	Mecanismo de depósito por Roll On	37
4.6	Mecanismo de depósito por Jeringa	37
4.7	Mecanismo de depósito por Rodillo	38
4.8	Base caliente-Mini Square PCB	40
4.9	Base caliente-MK2b PCB	41
4.10	Base caliente-Keenovo Flexible Silicone	42
4.11	Motor DC Fountain 42PA775	44
4.12	Motor a pasos Nema 17.	45
4.13	Husillo de Bolas	46
4.14	Tornillo sin fin - Trapezoidal	47
4.15	Banda dentada GT2	48
4.16	Final de carrera óptico	50
4.17	Final de carrera Mecánico	50

4.18	Final de carrera magnético	51
4.19	Sensor 3D BL Touch.	52
4.20	Sensor Inductivo	53
4.21	Tarjeta Ramps 1.4	55
4.22	Tarjeta RAMBo v1.3L	56
4.23	Raspberry Pi3	57
4.24	Geeetech GT2560	58
4.25	A4988 Stepper Motor Driver	59
4.26	DRV8825 Stepper Motor Driver	60
4.27	Reprap LCD2004	62
4.28	Reprap LCD12864	63
4.29	Software MatterControl.	64
4.30	Software Repetier Host.	65
4.31	Software Ultimaker Cura.	66
4.32	Firmware Repetier	68
4.33	Firmware Marlin.	69
4.34	Subsistema de movimiento cartesiano planteado.	70
4.35	Diseño y ensamble del subsistema para el eje Y	72
4.36	Diagrama de cuerpo libre aplicada en el plano Y	73
4.37	Diagrama del momento flector del eje en el plano Y	73
4.38	Diseño y ensamble del subsistema para el eje X	78
4.39	Diagrama de cuerpo libre aplicada en el plano X	79
4.40	Diagrama del momento flector del eje en el plano X	79
4.41	Diseño y ensamble del subsistema para el eje Z	83
4.42	Fuente de voltaje AC/DC	86
4.43	Integración compacta de dos tarjetas para obtener la tarjeta GT2560	88
4.44	Pines de comunicación en tarjeta GT2560	88
4.45	Componentes electrónicos en la tarjeta GT2560	89
4.46	Conectores en la tarjeta GT2560	89
4.47	Diagrama de bloques del sistema electrónico	90
4.48	Diagrama de bloques del sistema electrónico	91
4.49	Firmware Marlin de RepRap – Prusa i3	92
4.50	Flujograma del sistema de Impresión	93
4.51	Configuración del código arduino en (Configuration.h)	93
4.52	Archivo para borrar la memoria eeprom de la placa GT2560	97
4.53	Pasos para el borrado de la memoria eeprom de la GT2560	97
4.54	Subir el firmware a la placa GT2560	98

4.55	Descarga de software de la página MatterHackers	98
4.56	Instalación de drivers para MatterControl	99
4.57	Selección de la ubicación para MatterControl	99
4.58	Instalación correcta del software MatterControl	100
4.59	Perfil del software MatterControl	100
4.60	Perfil del software MatterControl	101
4.61	Nuevo sistema de impresión en MatterControl	101
4.62	Subsistema de depósito tipo Rodillo	103
4.63	Mecanismo de sujeción para el sensor y actuador	104
4.64	Mecanismo completo de desplazamiento a través del eje X	104
4.65	Vista laterales en MDF	105
4.66	Vista superior e inferior en MDF.	105
4.67	Vista anterior y posterior en MDF.	106
4.68	Vista lateral realizadas en Acrílico.	106
4.69	Vista del frente y LCD realizadas en Acrílico.	106
4.70	Vista del frente y lateral de las piezas en Aluminio.	107
4.71	Vista del frente y lateral de las piezas en Impresión 3D.	107
4.72	Vista del frente y posterior del sistema de impresión Final.	108
4.73	Proceso de construcción del sistema de impresión	109
4.74	Perfiles de aluminio cortados	110
4.75	Archivos 3D a imprimir en formato STL.	111
4.76	Piezas para impresión 3D en MatterControl.	111
4.77	Soporte eje Z diseñada, renderizada e impresa 3D en color plomo	112
4.78	Estructura del subsistema de movilidad	113
4.79	Fuente puesta en la base del sistema de impresión.	114
4.80	Fuente puesta y cableada en la base.	114
4.81	Construcción del subsistema de control	115
4.82	Archivos de la LCD en formatos DXF para corte en acrílico.	116
4.83	Ensamble de la estructura para LCD	116
4.84	Creación del nuevo perfil omarlin para el sistema de impresión.	117
4.85	Archivo de la base en formatos DXF para corte en MDF.	118
4.86	Construcción de base caliente PCB.	119
4.87	Archivos 3D del actuador para imprimir en formato STL.	120
4.88	Pieza para impresión 3D en MatterControl.	120
4.89	Pieza impresa en 3D con filamento PLA.	121
4.90	Maquinado del actuador tipo Rodillo	121
4.91	Mecanismo de depósito ensamblado por completo.	122

4.92	Archivos en formatos DXF para corte en láser del MDF.	123
4.93	Piezas realizadas en MDF para el sistema de impresión omarlin. . . .	123
4.94	Archivos en formatos DXF para corte en láser del Acrílico.	124
4.95	Piezas realizadas en acrílico para el sistema de impresión omarlin. . .	124
4.96	Ensamble del sistema de impresión con el cableado para el actuador. .	125
4.97	Ensamble del sistema de impresión con la base caliente.	125
4.98	Ensamble final del sistema de impresión Renderizado (CAD).	126
4.99	Ensamble final del sistema de impresión (Armado físico).	126

Resumen

En el presente proyecto de investigación se diseña y construye un sistema de impresión para el depósito de semiconductores orgánicos embebidos en materiales poliméricos. Para ello se utiliza elementos ya existentes en el mercado, fáciles de modificar tanto en hardware como en software para la creación de un nuevo sistema electrónico de impresión.

Este sistema de impresión cuenta con una tarjeta de software libre, que se encarga controlar los motores, sensores, la base caliente y un panel de control. En la parte mecánica se utilizó perfiles de aluminio, acoples y soportes impresos en 3D, con el fin de sujetar de manera fija todo el sistema de impresión.

Para la protección de los elementos electrónicos se realizó una estructura en material acrílico y mdf. Asimismo, para el actuador se utilizó un sistema de depósito tipo rodillo, el cual fue elaborado en acero inoxidable con el fin de evitar que el material semiconductor orgánico sufra modificaciones en sus propiedades.

El control del sistema de impresión se realiza por medio de un cable USB o de manera directa por el panel LCD, donde se puede ingresar a los diferentes menús para controlar todo el sistema de impresión.

Palabras clave: Sistema, Semiconductor, Depósito, Polimérico, Tarjeta, Actuador, Base, Panel.

Abstract

In the present research project, a printing system is designed and built for the deposit of organic semiconductors embedded in polymeric materials. To do this, it uses already existing elements in the market, easy to modify both hardware and software for the creation of a new electronic printing system.

This printing system has a free software card, which is responsible for controlling the motors, sensors, the hot base and a control panel. In the mechanical part, aluminum profiles, couplings and supports printed in 3D were used, in order to fix the printing system in a fixed manner.

For the protection of the electronic elements, an acrylic and mdf structure was made. Likewise, for the actuator a roll type deposit system was used, which was made in stainless steel in order to prevent the organic semiconductor material from undergoing modifications in its properties.

The control of the printing system is done through a USB cable or directly by the LCD panel, where you can enter the different menus to control the entire printing system.

Keywords: System, Semiconductor, Deposit, Polymeric, Card, Actuator, Base, Panel.

Glosario de términos y acrónimos.

Semiconductores: Son aquellos materiales cuyas propiedades eléctricas se encuentran entre las de los aisladores y los buenos conductores.

Polímeros: Los polímeros son sustancias que consisten en macromoléculas, el alto peso molecular y la estructura en cadena de las macromoléculas estas propiedades hacen que los polímeros sean materiales únicos.

OSCs (Siglas del inglés Organic solar cells): Son una de las tecnologías fotovoltaicas (PV) emergentes y se clasifican como células solares de tercera generación con material de polímero orgánico como capa de absorción de luz.

OLEDs (Siglas del inglés Organic Light Emitting Diodes): Son dispositivos de estado sólido compuestos por películas delgadas de moléculas orgánicas que crean luz con la aplicación de electricidad.

STL (Siglas del inglés STereoLithography): Es un formato de archivo 3D. Se usa para almacenar malla no coloreada. Fue desarrollado inicialmente por 3D Systems.

AMF (Siglas del inglés Additive Manufacturing File Format): Es un formato de archivo 3D utilizado para almacenar y describir los objetos que se procesarán a través de la impresión 3D / fabricación aditiva

poliestireno (PS): Es un material termoplástico no polar, amorfo y transparente que es fácil de procesar y se puede convertir fácilmente en una gran cantidad de productos semiacabados como espumas, películas y láminas.

ABS (Siglas del inglés Acrylonitrile Butadiene Styrene): Es un tipo de material utilizado en impresión 3D conocido por su dureza y resistencia al impacto, lo que le permite imprimir piezas duraderas.

PVC (Siglas del inglés Polyvinyl chloride): Es uno de los derivados del plástico muy duradero y que se puede utilizar en una variedad de aplicaciones, ya sea rígidas o flexibles, blancas o negras y una amplia gama de colores.

SOFT PLA: Es un material de impresión 3D flexible que se siente y actúa como el caucho. Se puede usar para hacer piezas que se puedan doblar o que se doblen para adaptarse a su entorno: tapones, correas, resortes

OFET (Siglas del inglés Organic field effect transistors): Son los componentes básicos para circuitos integrados y pantallas flexibles. Para hacer OFET, se necesitan materiales que van desde conductores (para electrodos), semiconductores (para canales activos).

Xerografía: Es también conocido como electrofotografía, es una impresión y fotocopia que funciona sobre la base de cargas electrostáticas.

Kapton: Es un aislamiento de no se derrite o quema fácilmente y se mantiene estable a temperaturas de -269 a +400 °C.

Husillo: Es un tipo de tornillo metálico que convierte movimientos lineales a fuerza lineal.

Geeetech: Es una de las empresas distribuidoras de elementos para impresión 3D .

RepRap (Siglas del inglés replicating rapid prototyper): Es un proyecto que comenzó como una iniciativa de la universidad británica para desarrollar una impresora 3D que puede imprimir muchos de sus propios componentes y ser de bajo costo.

Firmware: Es información que se almacena en una computadora u otra memoria de solo lectura (ROM) del dispositivo de hardware que brinda instrucciones sobre cómo debe operar ese dispositivo.

DXF (Siglas del inglés Drawing Exchange Format): Es un formato de archivo de datos CAD. Fue desarrollado por Autodesk para permitir la interoperabilidad de datos entre AutoCAD y otros programas.

Marlin: Es un firmware de código abierto para la familia RepRap de prototipos rápidos replicables, conocidos popularmente como "impresoras 3D".

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto de investigación, se diseña e implementa un sistema de impresión cartesiano, que permite al usuario un control preciso en el desplazamiento de los planos X,Y, y Z. Asimismo, este sistema de impresión permite integrar un control de la altura y temperatura en la superficie donde se deposita el material.

El proyecto se realizó en cinco capítulos. En el Primer capítulo se realizó un descripción del motivo para la realización del presente proyecto, estudiando las necesidades a nivel macro hasta justificar el alcancé del proyecto que son propuestos con los objetivos.

En el Segundo capítulo se realizó una recopilación de todos los antecedentes investigativos que tienen alguna relación con el sistema de impresión, además se consulta toda la información necesaria en publicaciones, documentos y páginas que tienen relación con el desarrollo del proyecto.

En el Tercer capítulo se especifica las técnicas de investigación que fueron aplicadas para obtener toda la información. Además, se describe de manera general los pasos que se realizaron para el cumplimiento del proyecto, así como los recursos que se emplearon para el mismo.

El Cuarto capítulo agrupa todo el contenido para el desarrollo del proyecto,. Paso a paso se describe cada uno de los elementos que se empleó en la parte física como la lógica, hasta obtener un sistema de impresión completamente funcional.

En el Quinto capítulo se muestran las conclusiones que se obtuvieron al desarrollar el sistema de impresión, y de varias recomendaciones que fueron necesarias considerar.

CAPÍTULO 1

Problema

1.1. Tema de Investigación

“Sistema de Impresión para el Depósito de Semiconductores Orgánicos Embebidos en materiales Poliméricos”.

1.2. Planteamiento del problema

La investigación a nivel mundial sobre los materiales semiconductores orgánicos durante los últimos 25 años ha contribuido enormemente a los avances científicos en el campo de la electrónica [1], creando dispositivos como los diodos orgánicos emisores de luz (OLEDs), células solares orgánicas (OSCs) o transistores orgánicos de efecto campo y permitiendo el desarrollo de una moderna tecnología muy ligera e incluso flexible, capaz de realizar las funciones de componentes electrónicos tradicionales.[2]

Para la creación del material, es importante como se deposita el semiconductor orgánico, puede ser depósito por evaporación en el vacío, rotación por fuerza centrífuga o revestimiento por inmersión, 93 % de estas técnicas son realizadas en países desarrollados como Japón, Rusia y España, debido que cuentan con materiales y la tecnología necesaria para la elaboración del semiconductor orgánico.[3]

En América Latina, en las aplicaciones de la industria electrónica, para el diseño y construcción de circuitos electrónicos se siguen utilizando el cobre en placas de circuitos impresos (PCB), la fabricación de estos circuitos llega a tener un costo muy elevado por los equipos que se emplea, el tiempo que se demora en realizar y se suma el valor del material para la elaboración. [4]

En el Ecuador, la elaboración de circuitos semiconductores orgánicos no está al alcance, debido que no se cuenta con la tecnología adecuada, ni los elementos necesarios para la elaboración. Además, si se desea importar los circuitos con el diseño deseado, el precio es muy elevado y se tarda mucho en llegar.

1.3. Delimitación

Delimitación de contenidos

Área: Física y Electrónica

Línea: Sistemas de Control.

Sub línea: Sistema Embebidos.

Delimitación espacial

La presente investigación se desarrollará en la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

Delimitación Temporal

El proyecto de investigación se desarrollará durante el periodo Marzo – Septiembre del 2018, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Tercer nivel en la Universidad Técnica de Ambato.

1.4. Justificación

El proyecto tiene como finalidad, desarrollar un sistema de impresión de tipo cartesiano, que permita controlar de manera exacta donde y como depositar el semiconductor orgánico, usando sistemas basados en la tecnología de las impresoras 3D.

La elaboración de semiconductores orgánicos, utilizando un sistema de impresión cartesiano, permite un gran impulso en la electrónica orgánica en el Ecuador, es el caso de países desarrollados que crean un 70 % de nueva tecnología como las “Celdas Solares Orgánicas” (OSCs), el papel electrónico (e-paper) o los diodos emisores de luz orgánicos (OLED), actualmente conocido como LED, utilizando en todo semiconductores orgánicos.

La propuesta tiene un enfoque innovador, debido que se mejora un sistemas de impresión cartesiano 3D económico, incorporando nuevos elementos con es el caso del sistema de autocalibración, esto permite tener alta movilidad y buena uniformidad al depositar el material semiconductor orgánico. Asimismo, se trabaja con software y hardware libre, obteniendo un gran optimización de los recursos y disminución de costos en la creación de todo el prototipo.

El proyecto de investigación es muy significativo debido que ayudará a potenciar el desarrollo de la Electrónica en el país y las futuras investigaciones en el campo de los semiconductores orgánicos, facilitando la producción de materiales electrónicos

gran escala, que pueden ser fabricados en el Ecuador empleando bajo recursos y el conocimiento necesario, permitiendo así que los semiconductores orgánicos puedan ser utilizados en una amplia gama de dispositivos electrónicos.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Implementar un sistema de impresión para el depósito de semiconductores orgánicos embebidos en materiales poliméricos.

1.5.2. Específicos

- Determinar las propiedades de los semiconductores orgánicos y aplicaciones en el campo de la electrónica.
- Analizar el proceso de depósito de semiconductores orgánicos utilizando características de mecanismo existentes.
- Diseñar un sistema de impresión para el depósito de semiconductores orgánicos embebidos en materiales poliméricos.

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

2.1. Antecedentes Investigativos

En los repositorios de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, no se encontraron trabajos similares, después de buscar en distintas fuentes bibliográficas como: Artículos científico, revistas científicas, Tesis de grado se encontraron trabajos similares a este tema.:

En el año 2017, Aguinsaca García Diego Antonio de la Universidad de la Fuerzas Armadas, Quito, realizó el “Diseño y Construcción de una impresora 3D tipo cartesiana para la elaboración de placas electrónicas tipo SMD”. En esta investigación se construye una impresora utilizando mecanismos de impresión en 3D, que permite la fabricación de tarjetas electrónicas de tipo SMD rápida, utilizando tinta conductora de plata. Esta fabricación es segura debido que elimina el uso de ácidos y otros materiales peligrosos. Asimismo, el control de la impresora lo realiza mediante la tarjeta GT2560 por su accesibilidad. Para el control utiliza el software Matter Control que permite general el código G para la impresora. Como resultado se logró diseñar y construir una impresora 3D con sistema de extrusión tintas conductoras con una precisión de ± 0.05 mm y que no requiere uso de ácidos o herramientas como: taladro, sierra, plancha, etc. [4]

En el año 2016, en Maryland, Estados Unidos, el Departamento de Ciencia de Materiales e Ingeniería del la Universidad de Maryland College Park, describe el desarrollo de la tecnología de impresión 3D para aplicaciones relacionadas con la energía, basadas en materiales de grafeno y óxido de grafeno. Asimismo, usan tintas basadas en grafeno con propiedades que permiten una impresión 3D confiable. El objetivo del proyecto es la elaboración de dispositivos que almacenen de energía todos impresos en 3D, como por ejemplo baterías y supercondensadores. Además, la tecnología de impresión 3D utilizan para desarrollar fuentes miniaturas de microenergía de alta potencia y alta capacidad. En cuanto a las aplicaciones impresas en

3D con temperaturas altas, micro-sistemas de iluminación impreso en 3D, hornos de alta temperatura y aplicaciones energéticas impresas en 3D.[5]

En el año 2017, en Lausanne, Switzerland, el Instituto de Materiales de la escuela Politécnica Federal de Lausanne, Presentaron formas para depositar el semiconductor orgánico en forma de capas, estas formas de depósito son conocidas como monocapas autoensambladas (SAM), el objetivo de la investigación es fabricar microestructuras para todos los componentes de dispositivos electrónicos orgánicos, incluidos electrodos, dieléctricos, semiconductores orgánicos y otras capas funcionales. Otro beneficio, del depósito basados en SAM es destacar su versatilidad, en términos de selección de materiales, porque se puede seleccionar el material y el sustrato que se deposita. Una forma de depositar el material en monocapas autoensambladas, es la humectación de la superficie en particular, permiten la deposición selectiva de la región de cualquier sistema de materiales que pueda disolverse o dispersarse en el solvente empleado. Si bien los tamaños y características accesibles tienen un límite inferior de 100 nm, son suficientemente pequeños para la mayoría de las aplicaciones.[6]

En el año 2017, en Shanghai, China, en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Shanghai Jiao Tong. realizaron el depósito de semiconductor orgánico utilizando un recubrimiento de lámina flexible para la elaboración de transistores de efecto campo. El objetivo del proyecto es depositar tinta OSC (semiconductora orgánica), muy diluida con poca cantidad de consumo, lo que resulta como mayor ahorro de material entre todos los procesos de revestimiento informados para los OSC. Sin daños a los patrones de electrodos prefabricados en la superficie del sustrato, este método puede incorporarse fácilmente en el flujo del proceso para fabricar OFET de bajo voltaje. Finalmente se muestran la velocidad de movimiento más rápida (12 mm/ s) utilizado para depositar el material OSC y crear los OFET de baja tensión, logrando área relativamente grande con alto rendimiento y buena uniformidad. Teniendo en cuenta su simplicidad y poco consumo de material, esta técnica proporcionar una manera fácil para la fabricación de OFET en un área grande y también una evaluación rápida de materiales OSC en dispositivos. [7]

En el año 2016, en Zhejiang, China, en el centro de Investigación Creativos de la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China. Propuso el desarrollo de impresión 3D Microfluídica para aplicaciones en Química y Biología, donde utiliza el método de fabricación capa por capa, que son utilizadas ampliamente utilizado en muchas áreas, como la impresión de órganos, diseño aeroespacial e industrial. El objetivo de la investigación con los microfluidos impresos en 3D, es la creación de chips de microfluidos impresos, utilizando métodos de impresión a base de hidrogel

que son ampliamente utilizado, en los sensores y actuadores. Asimismo, permite ensamblar chips con módulos de microfluidos impresos.[8]

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Sistema de Impresión

La impresión, o manufactura aditiva, es un grupo de tecnologías de fabricación que, partiendo de un modelo digital diseñado según la necesidad del usuario, permiten manipular de manera automática distintos materiales pinturas, plásticos y conductores que permite agregarlos en una o varias capas de forma muy precisa.[9]

2.2.1.1. Tipos de Sistema de Impresión.

Los sistemas de impresión más utilizados son[10]:

- *Sistemas de impresión directa:* Es cuando un rodillo, extrusor, chapa, etc., contiene el material que se desea imprimir, y este imprime de forma directa en el material que se desea imprimir ya sea pcb, plástico, papel, acrílico, etc.
- *Sistemas de impresión indirecta:* Es donde un rodillo, extrusor, chapa, etc., tiene la imagen que se desea imprimir, parecido a un sello y de allí se pasa al material final en que se desea imprimir, sea pcb, plástico, papel, acrílico, etc.

2.2.2. Sistema de impresión directa 3D

La impresión 3D es un gran campo de tecnologías de fabricación, que con un modelo digital tridimensional la mayoría realizadas en CAD, permiten plasmar de manera automática distintos materiales y agregarlos en una o varias capas delgadas de forma sucesiva y muy precisa.[11]

La tecnología de impresión 3D de objetos físicos a partir de datos digitales utilizando el proceso de fabricación de eje vertical se denomina "fabricación aditiva". Dependiendo de la máquina que se emplee, el material es depositado en el lugar de la construcción, comúnmente llamada plataforma donde el modelo 3D es "impreso". La impresora interprete el lenguaje de impresión, pero los archivos deben ser guardados en formato STL (STereoLithography), también conocida como estereolitografía. Asimismo, el STL se genera empleando un ensamblaje con facetas triangulares, empleando una mayor cantidad de facetas triangulares se tienen como resultado una superficie con una mayor calidad, figura 2.1, ese archivo necesario para generar el código G que se ejecuta en la impresión 3D.[12]

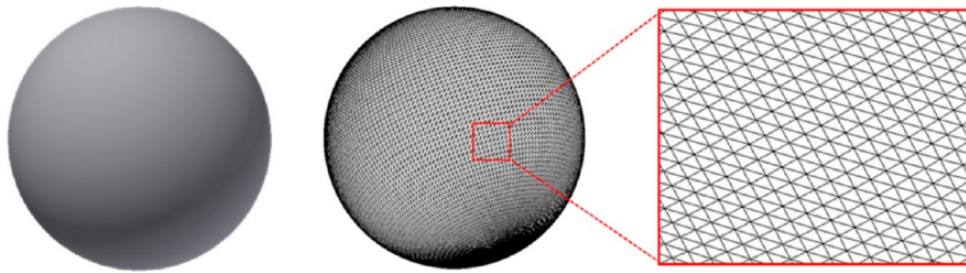


Figura 2.1: Representación gráfica de un archivo .STL
Fuente: Evaluación de la impresión 3D[13]

2.2.3. Tecnologías de Impresión 3D

Hay varias tecnologías de impresión 3D que van desde métodos bien establecidos, que han sido empleados en campos industriales durante años, a técnicas más recientes desarrollo en laboratorios de investigación que se utilizan para aplicaciones específicas, donde las principales tecnologías empleadas en la actualidad son [4]:

- Modelado de deposición fundido (**FDM**)
- Estereolitografía (**SLA**)
- Sinterización láser selectiva (**SLS**)

2.2.3.1. Modelado de deposición fundido (FDM)

Fue desarrollado por Scott Crump de Stratasys, FDM hoy en día es una de las tecnologías más utilizadas para el prototipado rápido, FDM realiza un modelo 3D mediante la extrusión de de materiales termoplásticos y estos son depositados una capa sobre otra, como se muestra en la figura 2.2, estos materiales termoplásticos son los más utilizado para construir modelos en 3D, y son movidos por dos rodillos hacia abajo con dirección a la punta de la boquilla del extrusor que tiene un cabezal de impresión, donde se calientan por control de temperatura. A medida que el cabezal de impresión traza el diseño de cada capa de sección transversal definida horizontalmente, el material semifundido se extruye fuera de la boquilla y solidifican en las áreas deseadas. Estos pasos se repiten para fabricar una estructura 3D una capa a continuación de otra capa. El contorno de la pieza suele imprimirse primero, con las estructuras internas (Plano 2D) impreso capa a capa. Defectos superficiales de este un proceso particularmente depende de la naturaleza del software y el formato de archivo .STL además de las discontinuidades en el diámetro del filamento y la densidad, ya que éstos pueden afectar la forma en se extruye desde la boquilla de la impresora. Algunas ventajas notables de FDM es que puede crear objetos fabricados

a partir de múltiples tipos de materiales convencionales tales como PC, poliestireno (PS), y ABS mediante el cambio posterior del material a imprimir, lo que permite un control del usuario sobre el modelo a fabricar, también hay que considerar que el costo de impresión es bajo a comparación de otros sistemas de impresión y el mecanismo se puede modificar según las necesidades[13].

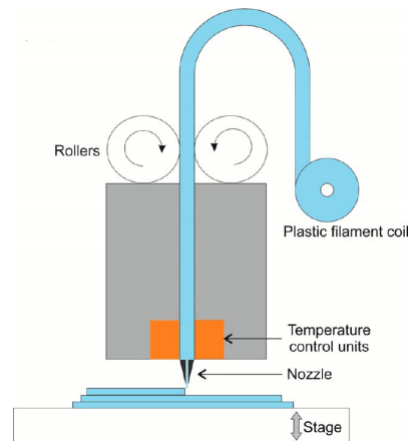


Figura 2.2: Tecnología por Modelado de deposición fundido (**FDM**)

Fuente: Evaluación de la impresión 3D[13]

2.2.3.2. Estereolitografía (SLA)

Desarrollado por Chuck Hull en 3D Systems, SLA fue el primer método de prototipado rápido que fue comercializado. Hay varios enfoques diferentes para SLA, incluyendo escritura directa/láser (Figura 2.3a) y escritura basada en máscara, figura 2.3b, proyección de luz digital). Los diversos enfoques se pueden dividir en una superficie libre, figura 2.3a, configuración del baño) o técnica de superficie restringida, figura 2.3b, configuración de la capa), dependiendo de la orientación de la fuente láser. La técnica de escritura directa/láser contiene los componentes comunes de una base móvil, un tanque de resina líquida, un haz de luz UV y un ordenador interfaz. La escritura basada en la máscara también contiene el plataforma, cuba de resina, ordenador y rayo UV, así como una "máscara" en forma de un dispositivo de espejo digital (DMD) que permite el curado de una sola capa a la vez. En la configuración del baño, el haz UV traza una sección transversal 2D sobre una base sumergida en un tanque de resina fotoactiva líquida que se polimeriza tras la iluminación. El grosor de la resina curada depende de factores tales como la duración de la exposición, la velocidad de exploración y la intensidad de la fuente de energía, que dependen de la energía de la luz UV. Después de completar la sección transversal 2D, la base baja aún más en la resina por una distancia predefinida, y el haz UV comienza la adición de la capa siguiente, que se polimeriza encima del anterior capa.

Entre las capas, una hoja cargada con resina nivela la superficie de la resina para asegurar una capa uniforme de líquido antes de otra ronda de exposición a la luz UV. Este proceso se repite, corte por rodaja, hasta que se complete el objeto 3D. Las ventajas principales son la elaboración de prototipos complejos de forma más rápida con excelente resolución en los detalles, y paredes muy finas que permite pegar piezas impresas por separado, y estas pueden ser de distinto material como por ejemplo: transparente, flexible, translucido[14]

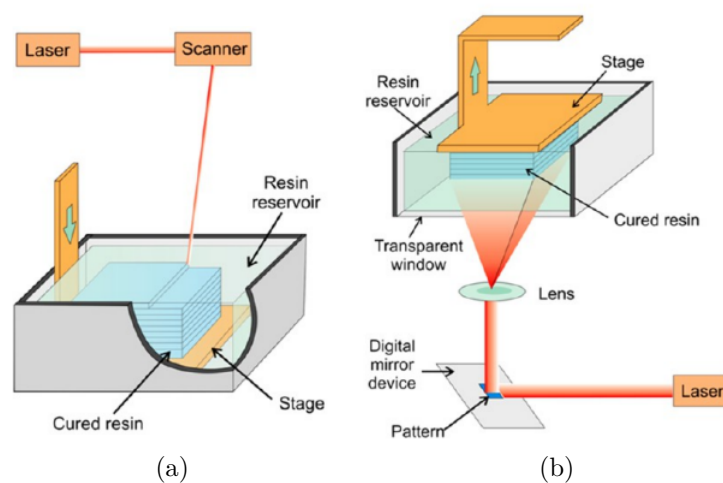


Figura 2.3: Enfoques (SLA) (a)Escritura láser (b)Escritura basada en máscara
Fuente: Impresión 3D en la Industria[14]

2.2.3.3. Sinterización láser selectiva (SLS)

Desarrollado por Carl Deckard y Joseph Beaman en el departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Texas-Austin, SLS es otro método de fabricación en 3D basado en polvo, utiliza un láser de alta potencia que sinteriza polvos de polímero para generar un modelo 3D, en lugar de usar materiales de unión líquidos para pegar partículas de polvo juntas. En el proceso SLS, una primera capa de polvo se distribuye uniformemente mediante un rodillo y se calienta a continuación a una temperatura justo debajo del punto de fusión del polvo. Siguiendo los perfiles transversales designados en el archivo .STL, se escanea selectivamente un haz láser sobre el polvo para elevar la temperatura local al punto de fusión de las partículas de polvo. Después se completa la primera capa, se añade una segunda capa de polvo, se nivela y se sinteriza en las áreas deseadas. Estos pasos se repiten para crear un modelo 3D. Los polvos que no son sinterizados por el láser sirven como material de soporte durante el proceso y se retiran después de la fabricación. La figura 2.4 proporciona un esquema del proceso de SLS. Una de las ventajas de SLS es que se

puede utilizar una amplia gama de materiales, desde polímeros como policarbonato (PC), cloruro de polivinilo (PVC), el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), el nylon, la resina y el poliéster, además no se requiere un material líquido para la unión en SLS.[15]

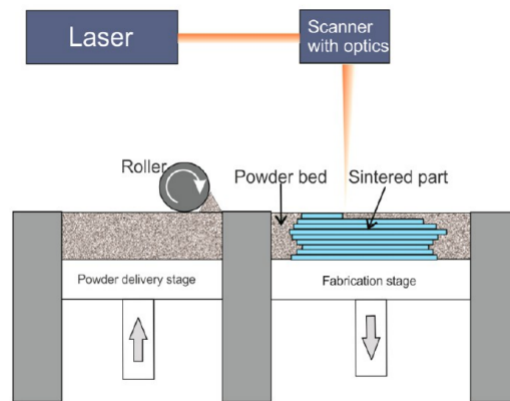


Figura 2.4: Tecnología por Sinterización de Láser Selectiva (SLS)
Fuente: Polyamide (Nylon) 12 Powder Degradation [13]

2.2.4. Materiales para la impresión 3D

En la impresión 3D es necesario utilizar los materiales adecuados. Existe una gran variedad tales como: flexibles, opacos, transparentes, de colores, rígidos, estos pueden ser de una gran resistencia o que soportan altas temperaturas, figura 2.1. Al emplear estos materiales se tiene un terminado excelente en la forma visual y también táctil, es decir que tiene la resistencia necesaria que los prototipos impresos requieren. Como materiales primarios para la impresión 3D se tienen pocas limitaciones ya que los denominados plásticos agrupan el campo de la impresión aditiva y esos son los siguientes[16]:

- **ABS** - acrilonitrilo butadieno estireno o 'lego' plástico: Una opción muy común para la impresión, ya que es más resistente que el material PLA.
- **PLA** - ácido poliláctico: Está disponible en grados suaves y duros, se está volviendo muy popular y puede superar ABS en un futuro próximo.
- **PVA** - Alcohol polivinílico: Se utiliza como material de soporte soluble o para aplicaciones especiales.
- **PC** - policarbonato: El policarbonato requiere un diseño de boquilla de alta temperatura entre 255 y 315 °C y se encuentra en la etapa de prueba.

- **SOFT PLA** -Soft ácido poliláctico: Es elástico y flexible, disponible en colores y fuentes limitadas. A medida que la impresión en 3D se propaga, puede ser fácil de encontrar.
- **Nylon**: Elegante, resistente y flexible, menos frágil que ABS o PLA , lo que significa que puede utilizarlo para imprimir estructuras delgadas que se doblen.

Todos estos materiales tienen aplicaciones específicas algunas de ellas similares, pero siempre hay que considerar en el diseño a imprimir, y la impresora que se va a utilizar, para que el material pueda tener el mejor rendimiento. A continuación se tiene una visión general de los materiales más comunes[16]:

Tabla 2.1: Características de los materiales para impresión 3D

	Polyolefin	ABS	PLA	Nylon	PC
Water and Moisture resistance	+++	-	-	-	+++
No odours or harmful emissions	++	-	++	+	-
Impact Performance	+++	+	-	+++	++
Durability	++	++	-	++	+++
Hardness	+	++	++	+	+++
Ease of Use	++	+	+++	-	-
High Temperature Resistance / Softening Temperature	++	++	-	+	+++
Economical Print Temperatures	+++	-	++	+	-
Recyclability	+++	-	+	+	+

Fuente:Filamentos de impresión 3D[16]

2.2.5. Diseño para impresión 3D

Todas las piezas que se crean en las impresoras 3D deben ser diseñadas utilizando software de CAD (Diseño Asistido por Computador) y seguir una serie de pasos hasta obtener la impresión 3D deseada, como se muestra en la figura 2.5. La calidad de la impresión depende del diseño CAD y también de la precisión de la impresora. En la actualidad existen varios tipos de software de CAD disponibles, algunos son gratuitos, otros requieren que se pague por el software o que se tenga alguna suscripción. Para diseñar una pieza e impresa en 3D se deben considerar los siguientes puntos[17]:

- La pieza necesita ser un sólido, es decir, no sólo una superficie; necesita tener un volumen real para que se pueda imprimir. La creación de funciones muy pequeñas o delicadas puede no ser impresa correctamente, esto depende mucho del tipo de impresora 3D que se va a utilizar.
- Los elementos que sobresalen de la pieza necesitarán soportes que se impriman correctamente. Al retirar el soporte se debe realizar con cuidado para que la pieza no sufra daños en el acabado.
- Asegurar de calibrar la impresora 3D antes de usarla, es esencial asegurarse de que la pieza se pegue correctamente a la base de construcción. Si no lo hace, en algún momento la pieza puede levantarse y arruinar todo el trabajo de impresión.

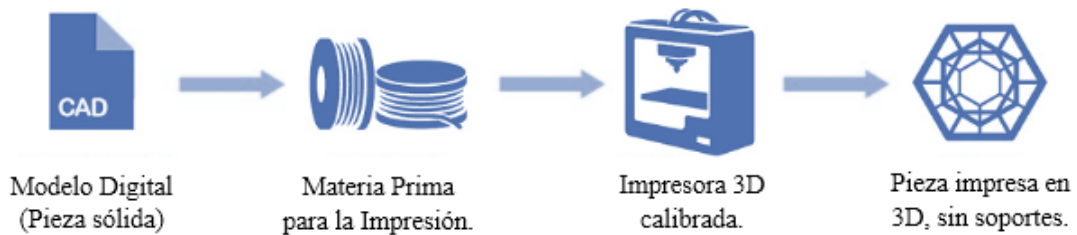


Figura 2.5: Pasos para la impresión 3D
Fuente: Impresión 3D, Oportunidades y filamentos.[18]

2.2.6. Aplicaciones de la Impresión 3D

Las impresoras 3D tienen muchas áreas prometedoras de aplicaciones potenciales futuras. Los nuevos procesos de impresión en 3D han reducido el tiempo que necesitan los diseñadores e ingenieros para conceptualizar, crear y probar prototipos. Algunas de las áreas más prometedoras incluyen aplicaciones médicas, reemplazo de piezas personalizadas y productos de consumo personalizados, figura 2.6. A medida que los materiales mejoran y los costos disminuyen, haciendo que la impresión 3D se desarrolle en distintos campos como por ejemplo[19]:

2.2.6.1. Aeroespacial

Los ingenieros de la NASA aprovecharon el ingenio y la tecnología avanzada. Alrededor de 70 de las partes que componen herramientas de uso múltiple y equipos personalizados de apoyo a las actividades de los astronautas, fueron construidas digitalmente, mediante el diseños de computadora, en la cámara calentada de una impresora Stratasys 3D de producción. El proceso, denominado Tecnología de modelado de deposición (FDM) o fabricación aditiva, elabora formas complejas lo

suficientemente duraderas para el terreno marciano. Para sus partes impresas en 3D, la NASA usa ABS, PCABS y materiales de policarbonato[20].

2.2.6.2. Industria de la arquitectura

La tecnología de impresión Poly-Jet 3D produce modelos arquitectónicos asombrosamente lisos y detallados en una variedad de materiales, incluidos los hotopolímeros rígidos los cuales son impresiones listas para que se realice un acabado con pintura. Para los modelos que deben soportar cargas, la tecnología FDM construye piezas fuertes en termoplásticos[20].

2.2.6.3. Industria automovilística

Uno de los desafíos clave en la industria del automóvil es reducir el tiempo de comercialización de nuevos productos al reducir el ciclo de diseño. Para ayudar a afrontar este desafío, todo el proceso de diseño se valida con los sistemas de prototipos FDM de Fortus. FDM (modelado de deposición fusionada) permite a esta industria construir tanto modelos conceptuales como prototipos funcionales de ABS, policarbonato y polifenilsulfona[20].

2.2.6.4. Productos de consumo

En los productos de consumo se tienen una gran cantidad de aplicaciones tanto en industrias como para artículos de hogar, que en la actualidad son más solicitados por la forma de impresión 3D bien detalla que se tiene, como por ejemplo [20]:

- *Electrónica de consumo:* La tecnología Poly-Jet puede producir modelos con paredes excepcionalmente delgadas, de 0.6 mm o menos, ideal para dispositivos pequeños empaquetados con componentes diminutos. El acabado liso y los colores realistas hacen que estos modelos sean prácticamente indistinguibles del producto final.
- *Artículos deportivos:* Los prototipos a menudo requieren una combinación de materiales rígidos y flexibles. Como por ejemplo un casco duro por fuera y el interior acolchado, Solo la tecnología Poly-Jet puede producir prototipos con múltiples materiales y colores en una construcción única y automatizada, por lo que es ideal para diseñadores de artículos deportivos con ojo para la estética. Pro también se emplea la tecnología FDM para trabajar con termoplásticos de grado de producción para producir piezas con alta resistencia al impacto y gran durabilidad. Es perfecto para componentes que necesitan soportar pruebas funcionales difíciles y repetidas.

- *Juguetes*: Para capturar la apariencia de sus futuros productos, la impresión 3D puede proporcionar detalles finos, superficies lisas, texturas divertidas, materiales variados.
- *Industria dental*: Adoptan la tecnología CAD / CAM para producir piezas dentales directamente desde imágenes de diseño CAD. En lugar de subcontratar la producción a las técnicas de molienda tradicionales de CNC, las compañías se cambian a la impresión 3D. Al haber llevado la odontología digital al corazón de su negocio, los laboratorios además de reducir los precios, puede proporcionar tiempos de entrega más rápidos al tiempo que mantiene sus altos estándares de calidad, como mejores productos, tiempos de procesamiento más cortos o más precisión.
- *Prototipo y accesorios*: La tecnología basada en inyección de tinta y la tecnología FDM, ambas disponibles en Stratasys, proporcionan métodos rápidos y precisos para producir y fabricar herramientas. Los prototipos y dispositivos de impresión 3D con inyección de tinta o FDM pueden ayudar a reducir la acumulación de pedidos para un taller interno de máquinas y utilizarse como una solución puente a herramientas.
- *Industria médica*: La impresora 3D, es utilizada para prototipar respiradores con máscara de gas para el Ministerio de Defensa del Reino Unido y los Servicios de Bomberos de EE. UU., reduciendo un proceso de elaboración de prototipos de 5 a 6 días a sólo horas.

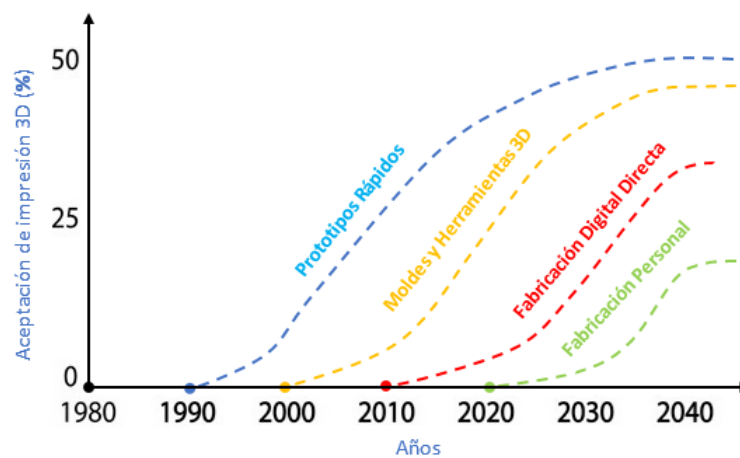


Figura 2.6: Aceptación de la impresión 3D
Fuente: impresión 3D, Oportunidades y filamentos.[21]

2.2.7. Ventajas y desventajas del sistema de Impresión 3D

Existen varias características que hay que considerar sobre las impresión 3D [22]:

2.2.7.1. Ventajas de un sistema de Impresión 3D.

- Capacidad de personalizar los productos.
- Rápida producción de prototipos.
- Rápida producción de prototipos.
- Bajo costo de producción.
- No hay costo de almacenamiento.
- Aumento de las oportunidades de empleo.

2.2.7.2. Desventajas de un sistema de Impresión 3D.

- Problemas de derecho de propiedad.
- Producción no controlada de artículos peligrosos.
- Limitaciones de tamaño.
- Limitaciones de la materia prima.
- Costo de la impresora.

2.2.8. Semiconductores Orgánicos

Con la invención del transistor en 1947, los semiconductores inorgánicos como es el caso del Ge (Germanio) o Si (Silicio) empezaron a tomar el control como el material dominante en la electrónica de los metales. Al mismo tiempo, la electrónica que estaba basada en un tubos del vacío, fig. 2.7a, fue reemplazada por dispositivos de estado sólido iniciando así un gran desarrollo de la microelectrónica semiconductora en la vida cotidiana. En la actualidad, comienzos del siglo XXI, empieza una nueva revolución en la electrónica que ha sido posible gracias a la comprensión y el desarrollo de una nueva clase de material, conocido comúnmente como “semiconductores orgánicos”. Este gran avance ha sido impulsado por la elaboración de algunas aplicaciones novedosas, como fuentes de luz flexibles y pantallas, células solares de plástico de estos materiales o circuitos integrados impresos de bajo costo.[23]

Los semiconductores orgánicos se conocen como una clase de materiales que combinan las ventajas electrónicas de los materiales semiconductores, con los beneficios químicos y mecánicos de los compuestos orgánicos como los plásticos. Por lo tanto, la capacidad de emitir y absorber luz, además de conducir electricidad se une con una estructura de material que puede modificarse fácilmente por síntesis química. Por ejemplo, para adaptar propiedades electrónicas tales como la longitud de onda de emisión deseada, para hacerla soluble o para permitir películas finas mecánicamente, livianas y flexibles. Estas propiedades implican que las aplicaciones de semiconductores como paneles de iluminación, celdas solares, fig. 2.7b, o pantallas se puedan producir con muchas técnicas de procesamiento o métodos de deposición al vacío.[24]

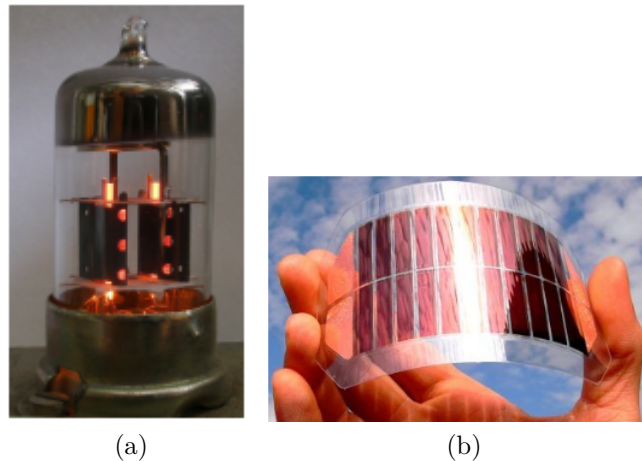


Figura 2.7: a) Transistor con tubo al vacío b) Celdas solares OSC
Fuente: Comparación de celdas solares Orgánicas e Inorgánica[25]

2.2.9. Electrónica Orgánica

La electrónica orgánica se basa en pequeñas moléculas y polímeros, fig. 2.8. En la última década los materiales orgánicos fueron utilizados para la elaboración de varios elementos electrónicos, ya que son de sustratos de plástico y sobre todo tienen un bajo costo. Con este material se ha logrado un gran avance en varios campos, como los Diodos Orgánicos Emisores de Luz (OLEDs), dispositivos Optoelectrónicos, y los Transistores Orgánicos de Efecto Campo (OFET) para funciones de conmutación. Los semiconductores orgánicos tienen muchas ventajas por su fácil procesamiento, buena compatibilidad con una amplia variedad de sustratos, incluyendo plásticos flexibles, fig. 2.8, permitiendo modificar la estructura de los semiconductores. También las películas de semiconductores orgánicos son flexibles, mecánicamente robustos y se puede obtener una flexibilidad electrónica. La ventaja principal

del semiconductor orgánico es que puede ser ensamblado a una película aislante totalmente flexible sin ningún sustrato.[26]

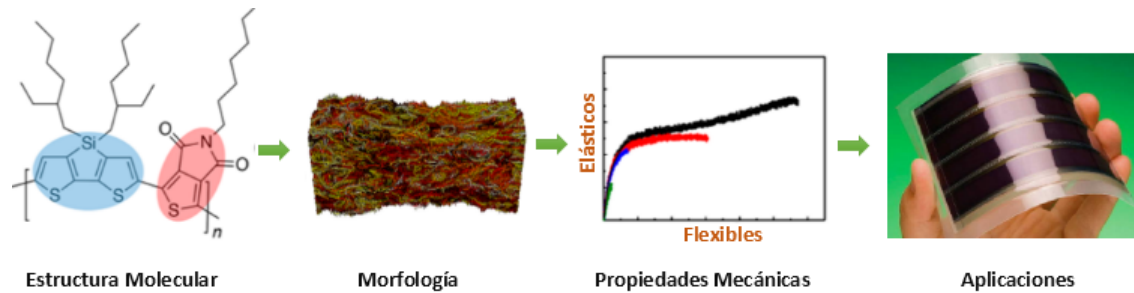


Figura 2.8: Formación del Semiconductor

Fuente: Propiedades Mecánicas de Semiconductores Orgánicos[26]

2.2.9.1. Semiconductor Orgánico vs Inorgánico

Los materiales orgánicos tienen varias ventajas: bajo coste de la tecnología y es posible elevar una flexibilidad en las estructuras, tensiones relativamente bajas y algunas aplicaciones que no son posibles para dispositivos basados en los semiconductores Inorgánicos como es el silicio. Por ejemplo, el sistema embebido en textiles y paquetes de comida inteligente. En la tabla 2.2 se presenta una breve comparación entre los semiconductores orgánicos e inorgánicos.[27]

Tabla 2.2: Comparación semiconductor Orgánico vs Inorgánico

Semiconductor Orgánico	Semiconductor Inorgánico
No soportan electrones y orificios libres de tipo Frenkel (grandes energías de enlaces)	Portadores libres en forma de electrones y agujeros tipo Wannier-Mott excitons (pequeñas energías de enlace)
Las moléculas se mantienen unidas por interacciones débiles de Van der Waals (atracciones entre átomos, moléculas y superficies)	Las moléculas se mantienen unidas por enlaces Covalentes
Los dispositivos orgánicos son generalmente mucho más baratos y fáciles de fabricar	El costo es generalmente más alto por la forma rigurosa y sensible de fabricar
Son sustancias "similares a los aislantes" con una banda prohibida típica de 2.5-4 eV	Son más similares a los materiales de alta resistencia, tienen una banda prohibida de 1-2 eV
Están basados en carbono e hidrógeno.	Proviene principalmente del grupo 14 (puro) o del grupo 13/15, materiales como germanio (Ge), carbono (C), estaño (Sn), silicio (Si)
Movilidad de carga se basa en transportadores que saltan entre estados asociados con moléculas orgánicas.	Movilidad de carga se transportan en bandas anchas tienen una dispersión muy limitada
Al transportarse los electrones experimentan una dispersión significativa que da como resultado una movilidad de electrones muy baja.	Al transportarse los electrones, presentan una movilidad relativamente alta
Tienen un recorrido bajo ya que están hechos de sustrato de plástico, pero son flexibles y ligeros.	Tienen un recorrido eficiente y bien definido ya que están fabricados de vidrio rígido o metal.

Fuente: Ventajas y desventajas del depósito semiconductores orgánicos.[28]

2.2.9.2. Propiedades Básicas de los Semiconductores Orgánicos

La naturaleza de los enlaces en los semiconductores orgánicos es fundamentalmente diferente a los semiconductores inorgánicos. Los cristales moleculares orgánicos son sólidos y se encuentran unidos por interacciones de Van-der-Waals, que implican una unión intermolecular considerablemente más débil en comparación con los semiconductores unidos covalentemente como Si (Silicio) o GaAs (Arseniuro de galio). Los efectos se pueden observar en las propiedades mecánicas y termodinámicas, como por ejemplo la dureza reducida (débil) o un punto de fusión más bajo, pero aún más importante es el traslado de las ondas electrónicas entre las moléculas vecinas, teniendo efectos directos en las propiedades ópticas y el transporte del portador de carga. La situación en los materiales de polímeros es diferente ya que la morfología en las cadenas de polímeros se puede conducir a propiedades mecánicas mejoradas. Sin embargo, la interacción electrónica entre cadenas adyacentes también suele ser muy débil en esta tipo de materiales.[29]

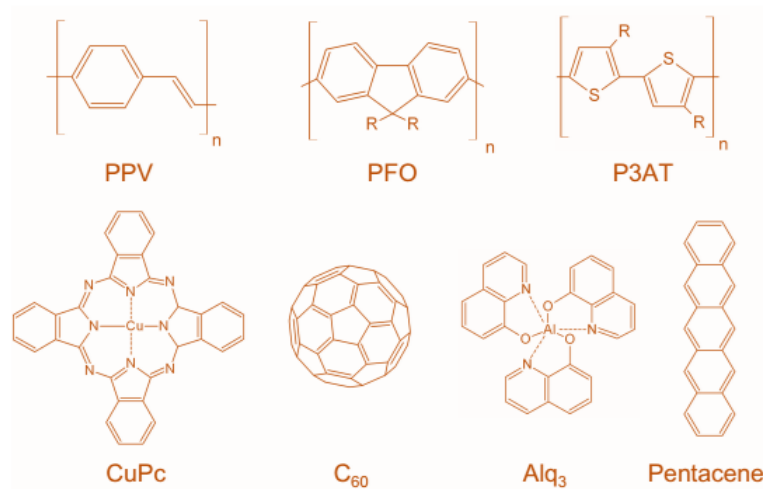


Figura 2.9: Estructura molecular de algunos tipos de Semiconductores Orgánicos
Fuente: Semiconductores Orgánicos - Historia.[29]

2.2.9.3. Tipos de semiconductores Orgánicos.

Al trabajar con los semiconductores orgánicos es necesario un conocimiento detallado de toda la estructura electrónica, que permita comprender sus propiedades fotofísicas, y aún más si se desea mejorar y diseñar los dispositivos semiconductores. Es muy importante distinguir entre las siguientes variedades de semiconductores orgánicos:[30]

- *Películas moleculares amorfas:* Son moléculas orgánicas depositadas como una película amorfa (No tiene una forma definida.) a través de la evaporación o del revestimiento por el método de centrifugación. Se emplean películas finas amorfas de moléculas en aplicaciones como de dispositivos LEDs (Diodo Emisor de Luz), y se usan películas de polímeros dopados molecularmente (MDP) a gran escala tecnológica en xerografía.
- *Cristales moleculares:* Por definición, se conoce que un cristal está constituido de una red y una base. Asimismo, forma los átomos del cloruro de sodio pueden formar un cristal por unión iónica, o los del silicio por unión covalente. Las moléculas como el antraceno o naftaleno pueden formar la base de un cristal que se mantiene unido por las interacciones de Van der Waals. Las movilidades de las carga que se obtienen en cristales moleculares son muy altas en comparación con los materiales orgánicos no cristalinos.
- *Películas de polímero:* Los polímeros pueden ser considerados como una cadena de unidades con repetición molecular que se encuentran acopladas covalentemente. Comúnmente, son procesados a partir de una solución,

permitiendo disponer de una serie de técnicas para la deposición donde incluye un recubrimiento por deposición por chorro de tinta, centrifugado simple, o revestimiento industrial de bobina a bobina.

2.2.9.4. Aplicaciones de Semiconductores Orgánicos

Entre las aplicaciones más importantes se tienen las siguientes:[30]

- Ventanas inteligentes que se oscurecen cuando hay exceso de sol. (Fig. 2.10a)
- Paneles solares también conocido como “Celdas Solares Orgánicas” (OSCs) (Fig. 2.10b)
- Transistores de efecto de campo OFET (transistor de efecto de campo Orgánicos) (Fig.2.10c)
- El proceso xerográfico de cualquier máquina fotocopiadora (Fig.2.10d)
- El papel electrónico (e-paper). (Fig.2.10e)
- Los diodos emisores de luz orgánicos (OLED, Organic Light Emitting Diode) con la que se pueden fabricar pantallas, en la actualidad conocido como LED. (Fig. 2.10f)

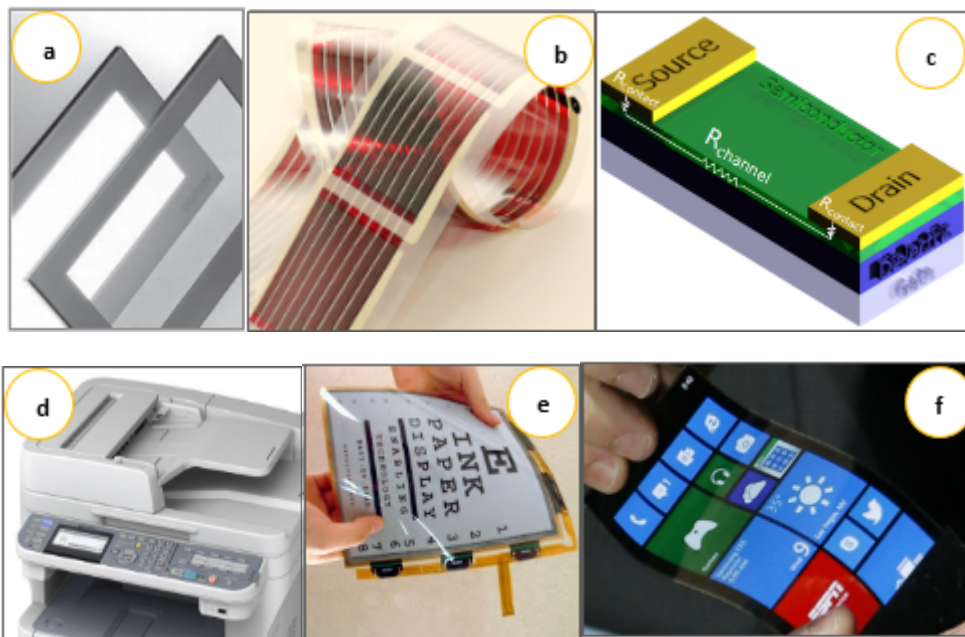


Figura 2.10: Aplicaciones de Semiconductores Orgánicos a) Ventanas inteligentes b) OSCs c) OFET d) Xerografía e) e- paper f) OLED

Fuente: Aplicaciones Semiconductores.[30]

2.2.10. Materiales Poliméricos

Un polímero es un compuesto molecular de masa molar alta, compuesto de muchas unidades químicas repetitivas. Es decir es una molécula grande que comprende unidades estructurales repetitivas unidas por enlaces covalentes.

La adopción de estructuras químicas definidas para polímeros ha tenido gran alcance en aplicaciones prácticas, porque ha llevado a una comprensión de cómo y por qué las propiedades físicas y químicas de los polímeros cambian con la naturaleza. Esto significa que en un grado muy considerable, las propiedades de un polímero se pueden adaptar a aplicaciones prácticas.[31]

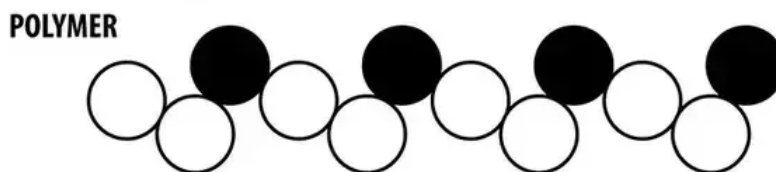


Figura 2.11: Estructura molecular del polímero
Fuente: Polímeros- Clasificación.[31]

2.2.10.1. Clasificación de los polímeros basada en la fuente

Bajo este tipo de clasificación, hay tres subcategorías [31]:

1. *Polímeros naturales*: Estos polímeros se encuentran en plantas y animales. Ejemplos son proteínas, celulosa, almidón, algunas resinas y caucho.

2. *polímeros semisintéticos*: Derivados de celulosa como acetato de celulosa (rayón) y nitrato de celulosa, etc. son los ejemplos habituales de esta subcategoría.

3. *polímeros sintéticos*: Una variedad de polímeros sintéticos como plástico (polietileno), fibras sintéticas (nylon) y cauchos sintéticos (Buna - S) son ejemplos de fabricación humana polímeros ampliamente utilizados en la vida diaria, así como en la industria.

2.2.10.2. Características de las moléculas de polímero.

Los materiales poliméricos están compuestos por una colección de cadenas con una distribución de longitudes / masas (y se caracterizan típicamente por la masa promedio y la amplitud de la distribución). Los polímeros a menudo exhiben un rango continuo de comportamiento de fase (Son "viscoelásticos") como se muestra en la figura 2.12.

Las propiedades poliméricas están dictadas casi en su totalidad por[32]:

- Estructura de monómero

- Peso molecular promedio
- Graduación de reticulación (en menor medida).

Los polímeros se producen a escala industrial principalmente, sus propiedades físicas son particularmente importantes para determinar su utilidad, ya sea como neumáticos de goma, apartaderos para edificios o combustibles sólidos para cohetes.[32]

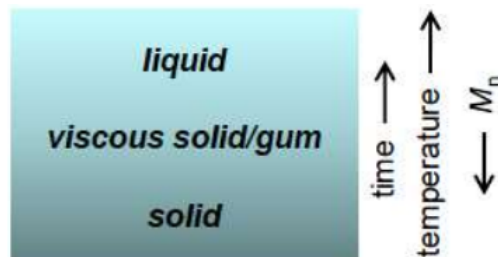


Figura 2.12: Característica del polímero
Fuente: Polímeros- Clasificación.[32]

CAPÍTULO 3

Metodología

3.1. Modalidad de investigación

La modalidad del presente proyecto es de Investigación y Desarrollo, que se realizará mediante las siguientes técnicas:

Investigación aplicada, ya que se pondrá en práctica todos los conocimientos científicos adquiridos, como también el uso de tecnologías conocidas para la creación de un nuevo sistema de impresión que permita para el depósito de semiconductores orgánicos, que servirán para dar solución al problema planteado.

Investigación en la modalidad bibliográfica, ya que la explicación del estudio se basará en consultas de artículos técnicos, revistas libros, publicaciones en internet y antecedentes de proyectos similares referentes a semiconductores orgánicos, materiales de polímeros y sus aplicaciones en la Electrónica.

La investigación de campo ya que se acudirá a los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato para utilizar los dispositivos de mediciones adecuados para los elementos semiconductores orgánicos.

También se aplicará la investigación experimental ya que se necesitará realizar una serie de pruebas para conseguir los resultados esperados.

3.2. Recolección de información

La recolección de la información se realizará revisando fuentes online y libros en búsqueda de documentación necesaria que aporte al desarrollo de la investigación entre las principales se tiene hojas de datos, guías prácticas, manuales de construcción, así como la guía del tutor y profesores de la Universidad Técnica de Ambato. Se aplicará la técnica de la observación, ya que durante el desarrollo del proyecto se espera una interacción directa con los materiales semiconductores para que se pueda realizar la solución adecuada para obtener los datos correctos para en análisis del semiconductor orgánico.

3.3. Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos se realizará los siguientes pasos:

- Revisión de toda la información obtenida en la investigación.
- Análisis de la información para obtener los datos importantes sobre el tema y así evitar datos irrelevantes.
- Interpretación de resultados con el apoyo de fundamentos teóricos y las pruebas experimentales realizadas para cada aspecto del desarrollo del proyecto.

3.4. Desarrollo del proyecto

A continuación, se presenta el desarrollo de las actividades necesarias que se efectuarán para el desarrollo del proyecto

1. Selección de la información sobre los semiconductores orgánicos.
2. Interpretación de las propiedades que tienen los semiconductores orgánicos.
3. Obtención de información sobre las aplicaciones de los semiconductores en el campo de la electrónica.
4. Análisis de las características del semiconductor orgánico adecuado para el depósito.
5. Determinación de los requerimientos y técnicas necesarias para el depósito de semiconductores orgánicos.
6. Selección de los componentes adecuados para la realización del depósito de semiconductores orgánicos.
7. Selección de los mecanismos para el depósito de semiconductores orgánicos.
8. Diseño de la etapa mecánica y electrónica del dispositivo.
9. Ensamblaje de todos los elementos electrónicos, comprobando el funcionamiento.
10. Pruebas iniciales de la parte electrónica, el software de control y calibración de los mecanismos.
11. Depósito de semiconductores orgánicos con el sistema de impresión.

12. Calibración de los parámetros para el depósito y búsqueda de mejores resultados.

13. Elaboración del informe final.

3.5. Recursos

3.5.1. Institucionales

Los recursos requeridos de la institución para el proyecto de investigación: son los Laboratorios y biblioteca (libros), de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

3.5.2. Humanos

Los Recursos Humanos que intervienen en la Investigación son: Investigador y tutor del proyecto.

3.5.3. Materiales

Para del desarrollo del proyecto se necesitan los siguientes materiales: equipo de cómputo, equipos de laboratorio, útiles de oficina, materiales electrónicos, software, libros y manuales especializa

CAPÍTULO 4

Desarrollo de la propuesta

El presente capítulo aborda el proceso de diseño, simulación, modelado en 3D y los parámetros que se emplearon para la construcción de un sistema de impresión, que se encarga del depósito de semiconductores orgánicos embebidos en materiales poliméricos, También se realizó un análisis para la selección de los mejores componentes eléctricos, mecánicos, sistemas de control y sobre todo el software que controla el sistema de impresión.

Este proyecto se realizó con la finalidad de tener un sistema de impresión con movimiento cartesiano muy estable, en todos sus ejes, que permita controlar los parámetros de la temperatura de la base (cama caliente) donde se va a realizar la impresión. La velocidad del desplazamiento de los ejes cartesianos (x,y,z), y sobre todo el control del movimiento del eje Z, que sostiene el mecanismo encargado de realizar el depósito, donde se crea un sistema de impresión amigable con el usuario, intuitivo y sobre todo fácil de controlar para obtener como resultado un depósito con buena uniformidad del material semiconductor orgánico embebido en el polímero.

4.1. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

4.1.1. Factibilidad técnica

El desarrollo del proyecto de investigación es técnicamente factible, ya que todos los elementos tecnológicos que se utilizaron son de fácil adquisición ya sea en el mercado nacional como internacional, Asimismo, se trabajó con software y hardware libre.

4.1.2. Factibilidad bibliográfica

El presente proyecto desde el punto bibliográfico es factible, puesto que toda la información técnica se encuentra en fuentes de fácil acceso como repositorios de las diferentes universidades, revistas o artículos científicos, papers, libros y páginas web

relacionadas con el tema de investigación.

4.1.3. Factibilidad económica

El desarrollo proyecto es factible económicamente ya que el valor del presupuesto se encuentra al alcance del investigador. Asimismo, que algunos de los elementos electrónicos son accesibles económicamente en mercados internacionales.

4.2. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

En los siguientes apartados del proyecto de investigación se representan el diseño del sistema de impresión, además de los parámetros que se utilizaron para su construcción como es la parte mecánica, electrónica y el software de control.

4.2.1. Requerimientos

En el desarrollo del sistema de impresión, fue fundamental comprender las propiedades de los semiconductores orgánicos, para realizar el depósito en materiales de polímeros, es decir, conocer las condiciones de las variables que influyen en la formación del semiconductor orgánico, como la temperatura de la base caliente (Heatbed), la velocidad a la que se tiene que desplazar el sistema de depósito en las coordenadas (X,Y), la altura a la cual se va a depositar el material (eje Z) es otro de los parámetros importantes.

Para la construcción del sistema de impresión se ha considerado las necesidades del usuario y los requerimientos técnicos, seleccionando los elementos fáciles de encontrar en el mercado local. Sin excluir que se pueda adquirir algunos de los componentes en el mercado extranjero.

Tabla 4.1: Requerimientos generales para el diseño del sistema de Impresión.

<i>Condiciones</i>	<i>Especificaciones</i>
Dimensiones del sistema de impresión	Menor a 400x300x250mm. Estos valores no son estrictos, es decir que se pueden realizar modificaciones respectivas.
Área de trabajo	Menor a 150x150mm. Este valor se ha fijado debido a que el material polimérico es relativamente pequeñas.
Manejo	Se requiere que tenga un fácil control, sin calibración manual o programación al momento de usar, fácil como PLUG AND PLAY.
Consumo energético	Se empleará la línea convencional de 110V AC. Con una regulación a 12V y 24V DC.
Precisión	Para la fabricación de semiconductores requiere presiones mínimas de 0.05mm o inferiores.
Depósito	Para ellos se necesita de un mecanismo semejante a un rodillo o un cilindro en el eje Z.
Base Caliente	La base tiene que ser resistente a altas temperaturas en el rango de los 60°C a 135°C, además no debe afectar a la parte electrónica y mecánica de la impresora.
Software de uso y control	libre

Fuente: El investigador

4.2.2. Necesidades del usuario

En este apartado se especifican los requerimientos del usuario con respecto al sistema de impresión que son expresadas de la manera más simple. Las especificaciones son necesarias para tener un concepto claro de la necesidad del usuario, para ello se ha considerado características similares ha máquinas "cartesianas ya comerciales, estas características se especifican a continuación.

- Fácil manejo para el usuario
- Circuitos funcionales
- Sin post-procesos al momento de utilizarla
- Fabricación económica
- Diseño estético, ergonómica y fácil de transportar

- Bajo consumo energético

4.2.3. Requerimientos técnicos

Se especifican las necesidades del usuario de manera técnicas con respecto al sistema de impresión.

- HMI amigable con el usuario y simple
- Hardware de fácil ensamblaje y reparación
- Plug And Play (sistema de calibración automática)
- Sensores para el control de impresión
- Sistemas de movimiento precisos
- Software flexible
- Sistema de depósito fijo
- Control de temperatura de la base
- Estructura resistente y liviana
- Uso de licencias libres
- Bajo consumo eléctrico de los elementos
- Replicable

4.3. Propuesta

Con los requerimientos generales, técnicos y los del usuario se establecen la propuesta para el sistema de impresión, el cual se ejecuta por etapas cumpliendo con los objetivos planteados:

- Selección de los componentes.
- Criterios para el diseño del subsistema de movimiento.
- Alimentación del sistema de impresión.
- Diseño del subsistema de Control.
- Criterios para el diseño del subsistema de depósito y Estructura.

- Implementación del sistema de impresión.

En la figura 4.1, se muestra un esquema en forma general, de cada unas de las etapas para la elaboración del proyecto.

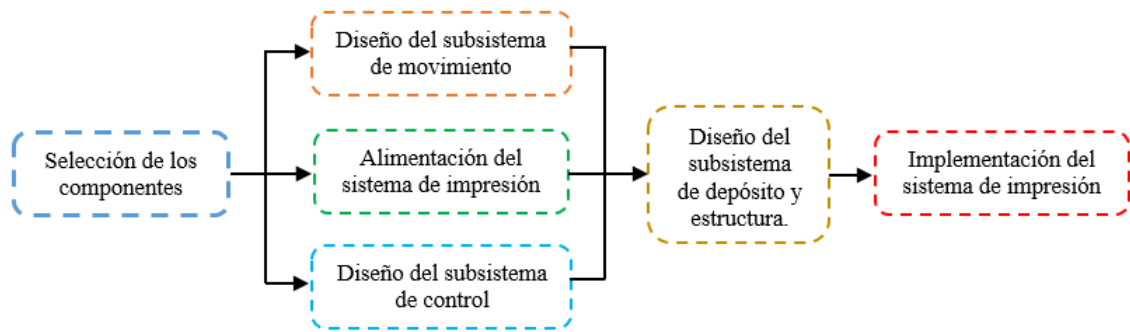


Figura 4.1: Esquema general de la propuesta
Fuente: Autor

4.3.1. Descripción de los subsistemas de la propuesta.

Los subsistemas se establecen en la tabla 4.3 donde se consideran los parámetros más importantes para el sistema de impresión.

Tabla 4.3: Subsistema de impresión.

<i>Subsistema</i>	<i>Funciones</i>
Estructura	Se define toda la carcasa de la impresora y los métodos para al elaboración con la cual se va a implementar el sistema de impresión.
Depósito	Subsistema que se encarga de la deposición del material semiconductor orgánico en el polímero.
Cama caliente	Conocida también como la base de trabajo o la base caliente, donde se va ha realizar el depósito del material semiconductor orgánico.
Movilidad	comprende todos los sistema de desplazamiento y los motores encargados para que se realice dicho movimiento.
Control	Es el subsistema que se encarga de dirigir los sensores y actuadores, mediante el uso del software, firmware y la placa controladora.
Alimentación	Es la fuente de poder del sistema de impresión el cual entrega energía a todos los elementos eléctricos y electrónicos del sistema de impresión.

Fuente: El investigador

4.3.2. Selección de los componentes.

Par a la selección de la mejor opción de componentes se hizo referencia a los materiales y componentes que emplean los sistemas de impresión 3D, además de algunas variedades de máquinas cartesianas como es el caso de las cortadoras Láser o las CNC (Control Numérico Computarizado), obteniendo así los elementos que más se acerquen a los requerimiento tanto técnicos como las del usuario, en la tabla 4.5 se especifica el orden para selección de los componentes, estos se encuentran divididos en seis grupos llamados "subsistemas". Para la selección final de todos los componentes se realiza una tabla que es pondera con valores en el rango del 1 al 5 donde *el valor 5 como el más adecuado* para la construcción y *1 como el valor menos adecuado*.

Tabla 4.5: Selección de los componentes.

<i>Número de selección</i>	<i>Subsistemas</i>
1	Estructura
2	Depósito
3	Base de trabajo
4	Alimentación
5	Control
6	Movilidad

Fuente: El investigador

4.3.3. Subsistema de estructura

En este subsistema se especifica la mejor opción para el método de manufactura y la elaboración del la carcasa del sistema de impresión. También se considerar que la estructura debe estar al alcance económico del investigador.

Método de manufactura

Se puede considerar sistemas como las de impresoras 3D o las máquinas CNC, donde se puede utilizar materiales como:

- Madera o corte láser.
- Impresión 3D y Ensamble de perfiles.
- Metálica.

4.3.3.1. Corte Láser

Es una tecnología que se utiliza para trabajar con materiales como MDF (Fibra de Densidad Media) o Acrílico donde se puede realizar cortes rectos, relativamente rápidos y muy precisos permitiendo crear prototipos, cabe resaltar que en Ecuador los precios de cortes son muy accesibles, ya que existen varias empresas que prestan este servicio.

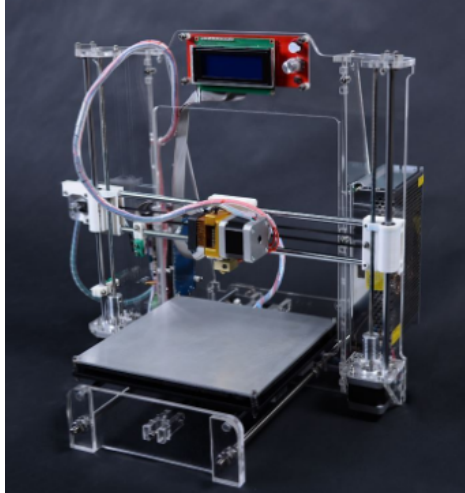


Figura 4.2: Impresora Geetech I3 fabricada en corte Láser
 Fuente: Geetech - Tipos de impresoras cartesianas 3D[33]

Tabla 4.7: Ventajas y Desventajas del ensamble por corte Láser.

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Buena precisión de corte	Limitación para el área de corte
Se puede utilizar diseños creados en 2D	El corte se demora considerablemente
Precios muy accesibles	Limitación en los diseños como curvas
Corte en Acrílico y MDF de distintos espesores	No se puede utilizar para todo tipo de material

Fuente: El investigador

4.3.3.2. Impresión 3D y Ensamble de perfiles

Son una de las alternativas más rápidas de realizar, además el precio es más cómodo, los perfiles más básicos se pueden encontrar en el mercado nacional en distribuidoras de aluminio y otros tipos de perfiles con distintos espesores se encuentran fácilmente en el mercado extranjero que igual es muy accesible. En este tipo de ensamble también se involucra la tecnología de la impresión 3D ya que son muy versátiles al momento de acoplar perfiles de distintos tipos, basta con sólo imprimir en 3D la pieza que se necesita para el ensamble del perfil.

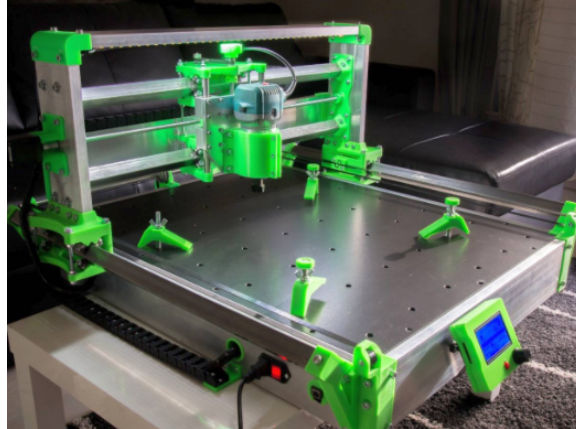


Figura 4.3: Mini Router CNC fabricado en Impresión 3D y Perfiles
Fuente: Mini CNC con partes impresas 3D[34]

Tabla 4.9: Ventajas y Desventajas del ensamble de perfiles e impresión 3D

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Fácil de ensamblar	Método no muy robusta
Se puede personalizar	Tiempo de impresión lenta
Fácil de adquirir los elementos en distintos mercados.	
Son económicos de adquirir	

Fuente: El investigador

4.3.3.3. Metal

Es una de las opciones más comunes empleadas para la creación de máquinas e infinidad de prototipos ya que la materia prima se puede encontrar fácilmente en distintos mercados además se puede obtener acabados excelentes y estructuras robustas que es lo que se busca cuando se habla de prototipado en chapa metálica, pero hay que considerar que los precios para el ensamble con este tipo de material es elevado ha diferencias de otros métodos de ensamble.



Figura 4.4: Cortadora Láser fabricada con perfiles de Metal
 Fuente: Eastern Laser Tech Co., Ltd. -Máquinas Láser[35]

Tabla 4.11: Ventajas y Desventajas del ensamble por chapa Metálica

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Ensamble Robustos.	Costo de adquisición.
Acabo visual excelente.	No se puede personalizar el diseño.
Fácil de adquirir los elementos en distintos mercados.	
No se doblan fácilmente.	

Fuente: El investigador

Selección del método de Manufactura

Revisando las características de cada uno de los métodos de manufactura para el sistema de impresión se ha realizado una ponderación de uno (no recomendable) al cinco (Recomendable) para establecer la mejor opción, ver tabla 4.13, donde se establece a la impresión 3D y Ensamble de perfiles como el método más adecuado para cumplir el objetivo, los perfiles se pueden obtener en mercados internacionales a precios muy accesibles y la impresión 3D en el país existen varias empresas que proveen de este servicio, hay que considerar que eso no impide la utilización de corte láser para realizar la base del sistema de impresión.

Tabla 4.13: Selección del método de Manufactura

<i>Parámetros</i>	Corte Láser	Metal	Impresión 3D y ensamble de perfiles
Rigidez	4	5	4
Accesible	5	2	5
Construcción	4	3	5
Durabilidad	4	5	4
Estético	4	5	5
PONDERACIÓN	21	20	23

Fuente: El investigador

4.3.4. Subsistema de Depósito.

En esta sección se explica los posibles mecanismos que se pueden emplear para el depósito del material semiconductor orgánico, hay que considerar que el material no es muy denso.

Mecanismo de Depósito

Para el depósito del material semiconductor orgánico hay que considerar un mecanismo que permita depositar de manera uniforme, pues de eso depende que el material se forme correctamente en el polímero, pero entre los más adecuados mecanismo de depósito se tienen los siguientes:

- Por Roll On
- Tipo Jeringa
- Tipo Rodillo

4.3.4.1. Roll On

Este sistema generalmente se utiliza en los bolígrafos y los desodorantes donde se tienen un recipiente que contiene el material ha ser depositado y en extremo se tiene una punta que acoplado una esfera el cual se encarga de regular el material (Líquido) ha ser depositado, este sistema no es muy recomendable ya que no tiene una salida del material de forma continua.

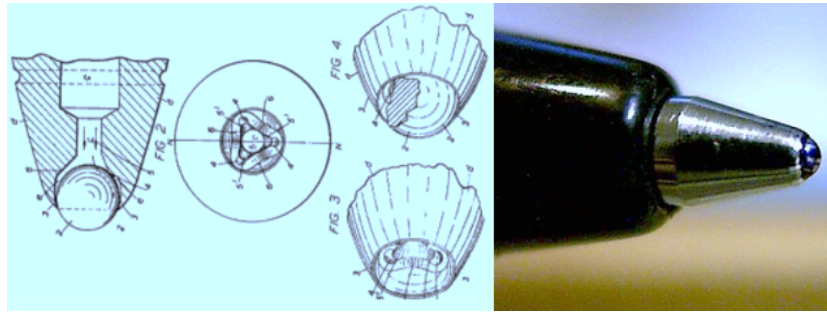


Figura 4.5: Mecanismo de depósito por Roll On
Fuente: Historia de los Bolígrafos[36]

Tabla 4.15: Ventajas y Desventajas del sistema de depósito por Roll On

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Fácil de adquirir	Difícil de ensamblar
Accesible económicamente	Depósito con discontinuidades
No se tapa al momento del depósito	No se puede controlar la densidad del material depositado
Se ve bien estéticamente	no se asegura el grosor de la línea

Fuente: El investigador

4.3.4.2. Tipo Jeringa

Este mecanismo de depósito es similar al de una jeringa con la diferencia que en uno de sus extremos tiene un sistema de extrusión acoplado con un motor y el resto del mecanismo es prácticamente una jeringa el cual tiene un recipiente (tubo) que contiene en su interior un pisto o émbolo que expulsa por uno de sus extremos más finos el material contenido en recipiente.

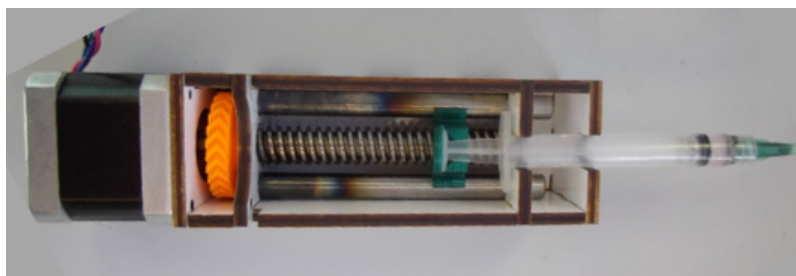


Figura 4.6: Mecanismo de depósito por Jeringa
Fuente: Extrusor de jeringa tipo Bowden[37]

Tabla 4.17: Ventajas y Desventajas del sistema de depósito por Jeringa

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Fácil de adquirir	La punta se puede romper fácilmente
Accesible económicamente	Es material se puede regar
No se tapa al momento del depósito	
Se limpia fácilmente	

Fuente: El investigador

4.3.4.3. Tipo Rodillo

Este sistema generalmente se utiliza en tecnologías de impresión como SLS (Sinterizado Selectivo por Láser) al depositar una capa del material que va a ser fundido con el láser y también se emplea en imprentas gráficas donde un rodillo se encarga de aplicar tintas a una determinada presión en un plano uniforme que contienen el papel donde se va a realizar la impresión, este sistema es el más empleado en impresiones por su versatilidad y su rapidez.

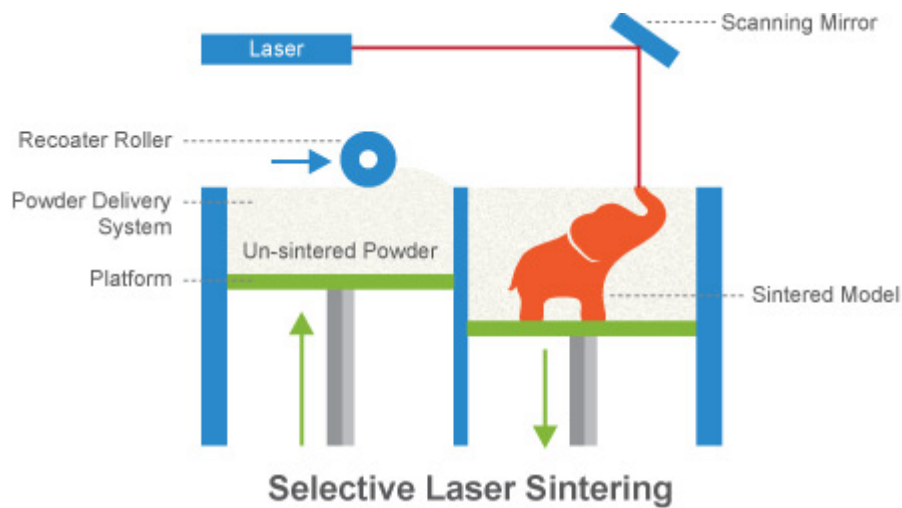


Figura 4.7: Mecanismo de depósito por Rodillo
Fuente: Printspace 3D- Métodos de manufactura aditiva SLS.[38]

Tabla 4.19: Ventajas y Desventajas del sistema de depósito por Rodillo

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Fácil de adquirir	Costo considerable
Se limpia fácilmente	La cantidad de material a depositar hay que controlar.
No se demora en ensamblar	
Se puede hacer de distintos tamaños el rodillo	
Buena uniformidad al depositar	

Fuente: El investigador

Selección del mecanismo de Depósito

Revisando las características de cada uno de los mecanismo de depósito para el sistema de impresión se realiza la ponderación, de uno (no recomendable), al cinco (Recomendable) para establecer la mejor opción, ver tabla 4.21 en donde se establece el mecanismo tipo rodillo como el método más adecuado por su gran versatilidad, estos mecanismo se los puede encontrar fácilmente en los mercados nacionales o se puede fabricar en máquinas CNC a un precio accesible debido a que en el país existen varios lugares que prestan el servicio de CNC.

Tabla 4.21: Selección del método de Manufactura

<i>Parámetros</i>	Roll On	Rodillo	Jeringa
Precisión	3	5	4
Accesible	4	5	5
Construcción	4	4	3
Durabilidad	3	5	4
Estético	4	5	3
PONDERACIÓN	18	24	19

Fuente: El investigador

4.3.5. Subsistema Cama Caliente.

En esta sección se explica las mejores alternativas que se tiene para la base caliente sobre la cual se va ha depositar el material semiconductor orgánico.

Mecanismo de Cama Caliente

Este mecanismo de base caliente hay que considerar que se puede controlar temperaturas altas superiores a los 100°C debido que el material que se deposita en la base reacciona a temperaturas elevadas y que el área de impresión no sea mayor a 20x20cm, estas características las cumple fácilmente las base caliente de las impresoras 3D, pero ello se ha seleccionado tres tipos principales de cama caliente que se pueden adquirir fácilmente.

- Mini Square PCB heatbed
- MK2b heated
- Keenovo Flexible Silicone heatbed

4.3.5.1. Mini Square PCB

La base caliente Mini Square PCB está construida para la impresora 3D MeeCreator es pequeña y lo más importante tiene una área fija de impresión, no tiene un base de colchón térmico lo que permite que las piezas impresas en ABS o PLA se puedan retirar fácilmente, en el país existen empresas que si venden esta base y a precios accesibles.



Figura 4.8: Base caliente-Mini Square PCB
Fuente: Accesorios para impresoras 3D-Geeetech[39]

Tabla 4.23: Parámetros de la base caliente-Mini Square PCB

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Área	152x 152 x 1.6mm
Voltaje de entrada	DC 12v/24v
Temperatura de calentamiento	Hasta 120°C
Corriente de consumo	12 A
Material	PCB
Peso	80 gramos
Costo	\$34,51

Fuente: El investigador

4.3.5.2. MK2b

La base caliente MK2b está construida para la impresora 3D Prusa I3 tienen un área de impresión grande y su conexión se realiza fácilmente, además sobre esta superficie se puede imprimir piezas de gran tamaño en materiales ABS o PLA, se puede conseguir fácilmente pero a precios accesibles.



Figura 4.9: Base caliente-MK2b PCB

Fuente: Accesorios para impresoras 3D-Geetech[40]

Tabla 4.25: Parámetros de la base caliente-MK2b PCB

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Área	200x200mm
Voltaje de entrada	DC 12v/24v
Temperatura de calentamiento	Hasta 180°C
Corriente de consumo	< 5 A
Material	PCB
Peso	159 gramos
Costo	\$13,70

Fuente: El investigador

4.3.5.3. Keenovo Flexible Silicone

La cama caliente Keenovo Flexible utiliza una tecnología flexible lo que hace que el precio sea elevado, cuenta con calentadores de Silicona y calentadores Kapton, tiene una vida útil muy larga y mantienen la temperatura por un tiempo prolongado, además soporta choques mecánicos y vibraciones generalmente las aplicaciones son en superficies donde se requieren soportar temperaturas muy elevadas.



Figura 4.10: Base caliente-Keenovo Flexible Silicone
Fuente:Productos calentador Flexible-Keenovo[41]

Tabla 4.27: Parámetros de la base caliente-Keenovo Flexible Silicone

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Área	200X200mm
Voltaje de entrada	DC 12V
Temperatura de calentamiento	Hasta 200°C
Corriente de consumo	16,66 A
Material	Silicona/Kapton,
Peso	500 gramos
Costo	\$43,80

Fuente: El investigador

Selección del mecanismo de Cama Caliente

Revisando las características de las tres camas caliente ver tabla 4.29 se realiza la ponderación, de uno (no recomendable), al cinco (Recomendable) para establecer la mejor opción, donde se ve que la base flexible de Silicona es factible pero por el área de impresión y el costo elevado queda descartado al igual que la base MK2b, por dicho motivo se tiene como la mejor opción la cama caliente Mini Square PCB que tiene un área adecuada para cumplir el objetivo además la temperatura se encuentra dentro del rango necesario, hay que considerar para tener una base completamente plana se puede añadir una lámina de aluminio o vidrio templado sobre la superficie de PCB.

Tabla 4.29: Selección del mecanismo de Cama Caliente

<i>Parámetros</i>	Mini Square PCB	MK2b	Flexible Silicone
Accesible	5	5	3
Construcción	5	4	4
Durabilidad	4	4	5
Estético	4	3	5
PONDERACIÓN	18	16	17

Fuente: El investigador

4.3.6. Subsistema de Movilidad.

En esta sección se explica las mejores opciones para el desplazamiento de los planos cartesianos del sistema de impresión.

Motores

Para la selección de los motores se debe considerar que se necesitan movimientos contantes y mecanismos estables, además el precio es uno de los factores que hay que tomar en cuenta, generalmente estos mecanismo de movimientos se los tiene en las máquinas CNC, las impresoras 3D, y las cortadoras láser por ese motivo se ha seleccionado dos motores más comunes:

- Motor DC Funtain 42PA775
- Motor a pasos Nema 17

4.3.6.1. Motor DC Funtain 42PA775

Estos motores se encargan de convertir la energía eléctrica en mecánica permitiendo tener un movimiento constante, en su interior tiene una caja reductora con engranes ver tabla.4.31 lo que permite tener un buen torque del motor haciéndolo óptimo para el movimiento de los ejes de un sistema de impresión.[42]

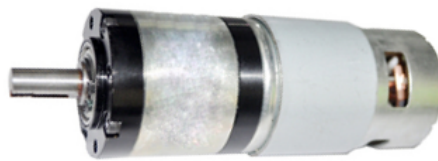


Figura 4.11: Motor DC Funtain 42PA775
Fuente: Detalles de productos Motores DC -Funtain[42]

Tabla 4.31: Parámetros del Motor DC Funtain 42PA775

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	DC 24V
Velocidad (rpm)	40 rpm
Potencia	10.77 W
Constitución	Motor reductor planetario
Peso	400gr
Torsión	30Kg/cm
Costo	\$20

Fuente: El investigador

4.3.6.2. Motor a pasos Nema 17

Este tipo de motores se encarga de convertir impulsos eléctricos en desplazamiento en forma angulares, lo que permite tener un control más exacto generalmente este

tipo de motores se emplean en la robótica para control de drones, automatización, impresoras digitales, entre otros.[43]



Figura 4.12: Motor a pasos Nema 17.
Fuente: Motor Bipolar Nema 17- Geetech[43]

Tabla 4.33: Motor a pasos Nema 17

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	DC 4.2V
Velocidad	200 (1,8°/paso)
Potencia	4.8 W
Constitución	Bipolaridad
Peso	400gr
Torsión	3.2 kg/cm
Costo	\$15

Fuente: El investigador

Selección del mecanismo de movimiento.

Revisando las características de los tipos de motores expuestos se realiza la ponderación, de uno (no recomendable), al cinco (Recomendable) para establecer la mejor opción y se ha considerado que existen una gran diferencia en el precio, voltaje al que trabaja y sobretodo el control exacto que se tiene con dicho motores, ver tabla 4.35 por dichas razones se han optado por seleccionar al motor a pasos específicamente el Nema 17, fig 4.12 que es el más común en impresiones 3D.

Tabla 4.35: Selección del mecanismo de movimiento.

<i>Parámetros</i>	Motor DC Funtain 42PA775	Motor Nema 17
Accesible	4	5
Estético	3	5
Construcción	3	4
Precisión	2	5
Fuerza	5	3
PONDERACIÓN	17	22

Fuente: El investigador

4.3.7. Transmisión del movimiento.

Al momento de seleccionar los tipos de transmisiones encargados de realizar el desplazamiento de partes móviles del sistema de impresión se ha considerado los tres más básicos conocidos y fáciles de adquirir, estos son:

- Husillo de Bolas
- Tornillo sin fin
- Banda dentada GT2

4.3.7.1. Husillo de Bolas

Este tipo de actuador es uno lineal que se convierte el movimiento de rotación en un movimiento lineal ver fig 4.37, la característica más importante del husillo de bolas es que tiene pocas perdidas por fricción lo que hace un actuador lineal sumamente eficiente, por otra parte la forma de fabricación hace que en el país tienda ha ser un tanto complejo encontrar proveedores y por lo que el precio también se incrementa.[44]



Figura 4.13: Husillo de Bolas

Fuente: Catalogo General Husillo de Bolas-THK.[44]

Tabla 4.37: Parámetros del Husillo de Bolas

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Material	Acero inoxidable todo el Husillo
Diámetro	12mm
Estabilidad	No sede a desviaciones
Resolución	< 0,01mm
Costo	40cm en \$42,19

Fuente: El investigador

4.3.7.2. Tornillo sin fin

Es un dispositivo que se encarga de transmitir los movimientos que existen entre los ejes, estos se encuentran perpendiculares entre sí y constan de dos partes fundamentales un tornillo dentado y una rosca en forma circular ver fig 4.14 lo que permite el desplazamiento constante fundamental en un sistema de impresión cartesiano, además es económicamente accesible en este caso se ha seleccionado un tornillo sin fin de forma trapezoidal [44]



Figura 4.14: Tornillo sin fin - Trapezoidal

Fuente: Catalogo General Husillo de Bolas-THK.[44]

Tabla 4.39: Parámetros del Tornillo sin fin Trapezoidal

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Material	Acero inoxidable el tornillo, rosca de cobre
Diámetro	8mm
Estabilidad	No sede a desviaciones
Resolución	< 0,1mm
Costo	40cm en \$22,90

Fuente: El investigador

4.3.7.3. Banda dentada GT2

Tambien se le conoce como correa de distribución, es uno de los mecanismos más conocidos al momento de realizar desplazamiento mediante el uso de motores por su fácil acople a los engranes, generalmente las bandas dentadas se utilizan en máquinas industriales que requieren hacer grandes desplazamientos, este tipo de mecanismo es el más accesible en el mercado ver tabla debido que existen varias empresas que se dedican a la venta, 4.41, para que la banda dentada funcione adecuadamente se necesita de una tensión adecuada.



Figura 4.15: Banda dentada GT2

Fuente: Productos Banda dentada GT2 6mm-ElectroCrea.[45]

Tabla 4.41: Parámetros del Tornillo sin fin Trapezoidal

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Material	Neopreno, Nylon (cubrimiento), fibra de vidrio (refuerza)
Ancho	6mm
Estabilidad	Sede a desviaciones necesita de tensión
Resolución	0,1mm
Costo	2 metros en \$15,20

Fuente: El investigador

Selección de la transmisión del movimiento

Al considerar los tres tipos del sistema de transmisión para el movimiento se realiza la ponderación, de uno (no recomendable), al cinco (Recomendable) para establecer la mejor opción y se observa que el más accesible es el método por bandas o correas dentadas, pero no es lo que se necesita ya que no cuenta con una buena resolución, el husillo de bolas es tiene buena resolución pero el costo es elevado, por dichos motivos se ha optado por seleccionar uno de los métodos más comunes que es el sistema de movimiento por tornillo sin fin como se muestra en la tabla 4.43, y

observando las características de la tabla 4.39 se asemejan mucho a las del husillo de bolas, por lo que es una de las mejores opciones para el sistema de impresión.

Tabla 4.43: Selección de la transmisión de movimiento.

<i>Parámetros</i>	Husillo de Bolas	Banda dentada GT2	Tornillo sin fin
Accesible	2	5	5
Estético	3	3	4
Construcción	3	4	5
Resolución	5	3	4
PONDERACIÓN	13	15	18

Fuente: El investigador

4.3.8. Subsistema de Control

En esta sección se detalla los elementos para la mejor opción, esta parte se divide en cuatro partes principales: los sensores de contacto o también conocido como finales de carrera, el sensor de proximidad, Software, firmware y tarjeta controladora.

Mecanismo de finales de carrera.

Este mecanismo se colocan al final del recorrido del sistema de impresión generalmente por el área de impresión reducida no es necesario que se implemente finales de carrera, pero por seguridad y con el fin de evitar que la estructura tienda a estropear se coloca tres finales de carrera en cada eje (x,y,z), existen varios tipos pero se ha seleccionado específicamente tres sensores básicos que cumplen la función necesitada.

- Fin de carrera óptico.
- Fin de carrera mecánico
- Fin de carrera magnético

4.3.8.1. Fin de carrera óptico

Este es un tipo de sensor que tiene a forma de una U llama fotointerruptor esto utiliza un sensor infrarrojo en uno de sus lados y un detector óptico en otro lado, este actúa cuando un objeto atraviesa por medio del sensor e interrumpe el rayo de luz, evitando así que se rompa cualquier componente al golpearse entre sí.[46]



Figura 4.16: Final de carrera óptico
Fuente: Interruptor de parada Óptico-Geeetech[46]

Tabla 4.45: Parámetros del final de carrera óptico

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	DC 5V
Sensor	Óptico
Costo	\$3.30 c/u

Fuente: El investigador

4.3.8.2. Fin de carrera mecánico

Son básicamente interruptores que se colocan en cada eje del sistema de impresión, donde el eje que se toca con muy poca fuerza envía una señal a la tarjeta controladora, generalmente este tipo de sensores son utilizados en la impresoras 3D por su forma simple de utilizar ya que solo se conectan dos cables a la placa base, además que el costo es accesible.[47]



Figura 4.17: Final de carrera Mecánico
Fuente: Final de carrera Mecánico-Dabbletron[47]

Tabla 4.47: Parámetros del final de carrera mecánico

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	DC 5V
Sensor	Activación por Contactos
Costo	\$0.45 c/u

Fuente: El investigador

4.3.8.3. Fin de carrera magnético

Consta de dos partes un sensor de efecto Hall (se activa en presencia de un campo magnético) y una segunda parte que tiene un imán este al acercarse al sensor de efecto Hall genera un disparo que activa el final de carrera, una de las mejores ventajas es que se activan sin ningún contacto físico al igual igual que el sensor óptico, para que funcionen adecuadamente se necesita de acondicionar dicho sensor con algunos componentes adicionales.[48]



Figura 4.18: Final de carrera magnético
Fuente: Final de carrera Magnético - Dabbletron[48]

Tabla 4.49: Parámetros del final de carrera Magnético

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	DC 5V
Sensor	Activación de Efecto Hall
Costo	\$22.79 c/u

Fuente: El investigador

Selección del mecanismo de finales de carrera.

De los tres tipos de finales de carrera que se detallan en las tablas anteriores los dos parámetros que únicamente varían son el modo de activación y el costo de cada uno por dicho motivo se realiza la ponderación, de uno (no recomendable), al cinco (Recomendable) para establecer la mejor opción se selecciono el más accesible para el proyecto como se muestra en la tabla 4.51, además dichos sensores se pueden adquirir fácilmente en cualquier electrónica.

Tabla 4.51: Selección del mecanismo de Finales de Carrera

<i>Parámetros</i>	Final de carrera óptico	Final de carrera mecánico	Final de carrera magnético
Precio	3	5	1
Construcción	4	5	4
Durabilidad	5	4	5
Estético	3	5	4
PONDERACIÓN	15	19	14

Fuente: El investigador

4.3.9. Mecanismo del sensor de proximidad

Estos tipos de sensores son de tipos transductores se encargan de detectar objetos que se encuentran cerca del elemento del sensor y envían señales que permiten la activación o desactivación de la señal. Existen muchos tipos de sensores pero se han clasificado en dos grupos que son generalmente empleado en las impresoras 3D:

- Sensor 3D BL Touch.
- Sensor Inductivo.

4.3.9.1. Sensor 3D BL Touch.

También conocido como sensor de nivelación 3D Touch, ver tabla 4.53 este tipo de sensores detecta cualquier superficie con tan solo tocar el actuador sin importar la superficie y calcula el desnivel de dicha superficie, además es compatible con firmware de impresoras 3D como Repetier y Marlin.[49]



Figura 4.19: Sensor 3D BL Touch.

Fuente: Sensor de autonivelación-3D BL Touch[49]

Tabla 4.53: Parámetros del sensor 3D BL Touch

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	DC 5V
Sensor	Touch
Precisión	0.005mm
Dimensiones	8cm x 6cm x 3cm
Peso	0.03kg
Costo	\$13,66

Fuente: El investigador

4.3.9.2. Sensor Inductivo.

Estos tipos de sensores son especiales ya que no pueden detectar objetos que son metálicos entre ellos se tiene el vidrio, el papel o la madera, existen otros tipos de sensores de la misma gama que pueden detectar a través de plásticos menos opacos ver tabla 4.55 estos tipos de sensores son fáciles de adquirir pero la distancia de detección no es tan cercana[50]



Figura 4.20: Sensor Inductivo
Fuente: Sensor Inductivo-Blog SEAS[50]

Tabla 4.55: Parámetros del sensor inductivo

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	DC 6-36V
Sensor	Inducción
Precisión	4mm
Dimensiones	12x10x55mm
Peso	3kg
Costo	\$2

Fuente: El investigador

Selección del mecanismo de los sensores de proximidad.

Al comparar los dos sensores más empleados en sistemas de impresión 3D se realiza la ponderación, de uno (no recomendable), al cinco (Recomendable) para

establecer la mejor opción donde se nota la diferencia de precios que existe, pero en estos tipos de sistemas lo que se necesita es tener una buena precisión al momento de la calibración, por dicho motivo se ha seleccionado como una de las mejores opciones, al sensor 3D BL Touch para cumplir con el objetivo, como se muestra en la tabla 4.57, además dicho sensor se puede adquirir de manera fácil.

Tabla 4.57: Selección del mecanismo de los sensores de proximidad

<i>Parámetros</i>	Sensor 3D BL Touch	Sensor Inductivo.
Precio	3	4
Construcción	5	4
Precisión	5	2
Durabilidad	4	5
Estético	4	3
PONDERACIÓN	20	18

Fuente: El investigador

4.3.10. Tarjeta controladora

Para la selección de la tarjeta de control se ha considerado varios factores importantes: que sea de código abierto (Basadas en Arduino), se puede conectar la cantidad de motores y actuadores necesarios para el sistema de impresión, además de la disponibilidad de conexión para sensores, conexión de motores, y la alimentación, las tarjetas que cumplen estos parámetros son:

- Ramps 1.4
- RAMBo v1.3L
- Raspberry Pi3
- Geeetech GT2560

4.3.10.1. Ramps 1.4

Es una de las tarjetas más fáciles de conseguir en el mercado nacional e internacional ya que principalmente consta de una Shield que permite acoplar a una placa de Arduino Mega facilitando el control de todos sus pines empleándolos para los motores, sensores, termistores, etc.[51]

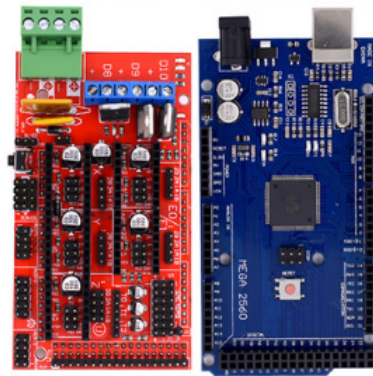


Figura 4.21: Tarjeta Ramps 1.4
Fuente: Reprap - AMPS 1.4/es[51]

Tabla 4.59: Parámetros de la tarjeta Ramps 1.4

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	Con diodo < 12v, sin diodo 24v
Corriente	11A
Conectores Para Motor	5 controladores de motor
Tomas para termistor	3 tomas de termistor
Tomas finales de carrera	3
Fusibles	1
Dimensiones	110x60x40mm
Costo	\$28,14

Fuente: El investigador

4.3.10.2. RAMBo v1.3L

Es una placa basada en Arduino que principalmente agrupa todas las características de la tarjeta Ramps y adicional contiene los controladores del Arduino Mega y los drives para los motores, todo esto en una sola placa integrada, esta tarjeta se encuentra diseñada para trabajar con firmware de Ramps lo que hace que su programación no sea compleja, pero la estructura un tanto robusta.[52]

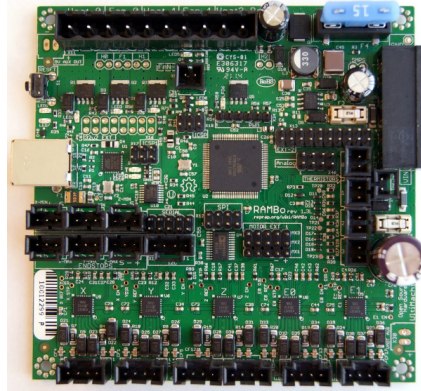


Figura 4.22: Tarjeta RAMBo v1.3L
Fuente: UltiMachine-Productos Tarjetas[52]

Tabla 4.61: Parámetros de la tarjeta RAMBo V1.3L

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	12V-28V DC
Corriente	16A
Conectores Para Motor	5 controladores de motor
Tomas para termistor	4 tomas de termistor
Tomas finales de carrera	6
Fusibles	3
Dimensiones	109x78x22mm
Costo	\$170

Fuente: El investigador

4.3.11. Raspberry Pi3

Es conocido como un pequeño ordenador de bajo consumo y de software libre, además que cuenta con estradas y salidas de propósito general (GPIO), comunicación SPI y UART, haciendo una placa muy potente para control de robótica y electrónica.[53]

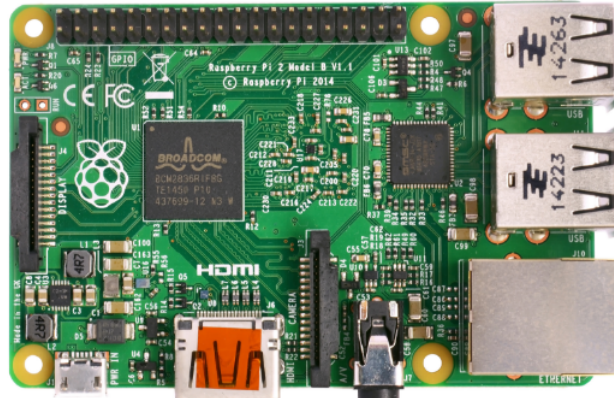


Figura 4.23: Raspberry Pi3
 Fuente: Modelos de Raspberry Pi3 - Buy a Raspberry[53]

Tabla 4.63: Parámetros de Raspberry Pi3

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	5V DC vía micro USB
Corriente	2.5A
Conectores Para Motor	Salida GPIO,SPI, I2C, para acoples externos a driver de motor.
Tomas finales de carrera	Acoples externos
Fusibles	1
Dimensiones	85x56x16mm
Costo	\$79

Fuente: El investigador

4.3.11.1. Geeetech GT2560

Es una de las placas más utilizadas en la actualidad en sistemas de impresión 3D debido a que agrupa las características de las anteriores tarjetas como: Arduino Mega 2560, la Shield Ultimaker y la Ramps 1.4 todas estas características se compactan con la estructura del Hardware debido a que la tarjeta es más compacta permitiendo una fácil conexión de los componentes de manera segura y eficiente, evitando problemas al momento de la implementación.[54]

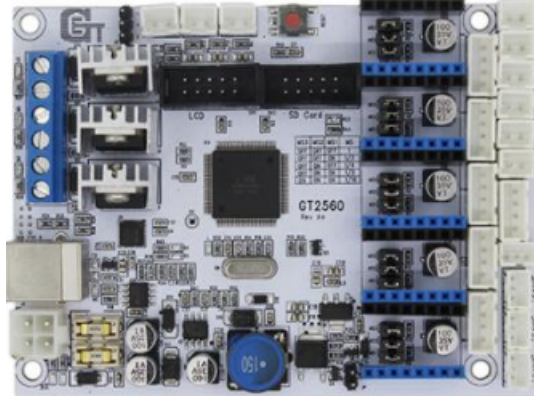


Figura 4.24: Geeetech GT2560

Fuente: Tarjetas controladoras de impresoras -Geeetech2560[55]

Tabla 4.65: Parámetros de Geeetech GT2560

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Voltaje de entrada	DC 12/24 v
Corriente	12A
Conectores Para Motor	5 controladores de motor
Tomas para termistor	2 tomas de termistor
Tomas finales de carrera	6
Fusibles	2
Dimensiones	110x80x25mm
Costo	\$38,70

Fuente: El investigador

Selección de la tarjeta controladora.

Observando las características de las cuatro tarjetas controladoras se realiza la ponderación, de uno (no recomendable), al cinco (Recomendable) para establecer la mejor opción donde se tienen parámetros que marcan una diferencia grande principalmente en el precio ver tabla. 4.67, para la selección de la tarjeta adecuada se consideró el parámetro de robustez y la versatilidad al momento de realizar la conexión, en este caso el precio más accesible es de la tarjeta Ramps 1.4 pero es más robusta por lo que se ha descartado ver fig. 4.21, ha diferencia de la Tarjeta GT2560 que es menos robusta lo que permite una fácil conexión de los elementos además el precio es accesible, por dichos motivos se ha seleccionado la tarjeta GT2560.

Tabla 4.67: Selección de la tarjeta controladora

<i>Parámetros</i>	RAMBo v1.3L	Raspberry PI3	Ramps 1.4	Geetech GT2560
Precio	1	2	5	4
Conexión	4	3	2	5
Estético	4	5	3	5
Robustez	3	4	5	5
Accesible	1	5	5	3
PONDERACIÓN	13	18	20	22

Fuente: El investigador

4.3.12. Módulo driver para motor a pasos

En la selección del driver se consideró la tarjeta que se utiliza en este caso que sea compatible con la tarjeta GT2560 y los motores Nema 17, para ello se encontró dos módulos driver que cumplen con estas características:

- Pololu-A4988
- Pololu-DRV8825

4.3.12.1. Pololu-A4988

Es uno de los drivers que permiten el fácil manejo de los motores a pasos desde un controlador o tarjeta controladora generalmente empleadas en tarjetas arduino, este controlador se encuentra basado en un chip A4988 que permite tener micro pasos, donde tienen la capacidad de controlar cinco diferentes resoluciones, generalmente este driver es empleado en tarjetas de tipos Ramps para impresoras 3D.[56]

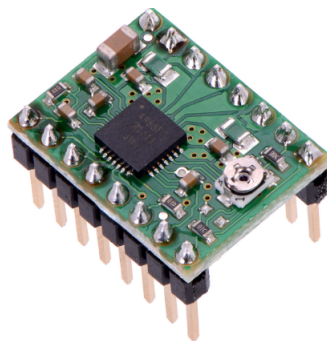


Figura 4.25: A4988 Stepper Motor Driver
Fuente: Módulos de control - Pololu[56]

Tabla 4.69: Parámetros del módulo driver Pololu-A4988

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Color	Verde/Rojo
Voltaje de funcionamiento mínimo	8v DC
Voltaje de operación máximo	35V DC
Corriente Máxima	2A
Resolución de micropasos	completo, 1/2, 1/4, 1/8 y 1/16
Costo	\$7,50

Fuente: El investigador

4.3.12.2. Pololu-DRV8825

Este tipo de driver se encuentra basado en un chip DRV8825 lo que permite manejar corrientes más altas para mejor el control de los micropasos hasta un 1/32 en resolución es decir una resolución más que el anterior driver, este controlador también se pueden emplear en motores de impresoras 3D o en motores más grandes como es el caso del motor Nema 32, uno de los factores importantes que también se considera es la diferencia de precio que existe con el driver A4988.[57]

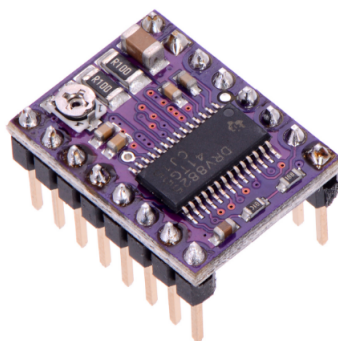


Figura 4.26: DRV8825 Stepper Motor Driver
Fuente: Módulos de control - Pololu[57]

Tabla 4.71: Parámetros del módulo driver Pololu-DRV8825

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Color	Morado
Voltaje de funcionamiento mínimo	8.2v DC
Voltaje de operación máximo	45v DC
Corriente Máxima	2.5A
Resolución de micropasos	completo, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32
Costo	\$9,82

Fuente: El investigador

Selección del módulo Driver.

Al revisar las características más relevantes de estos módulos se pondera de la siguiente manera, uno (no recomendable), al cinco (Recomendable) para establecer la mejor opción, donde se puede observar que prácticamente los dos son óptimos para el sistema de impresión pero en este caso se ha optado por elegir la versión más económica el driver A4988 debido que cumple con las características necesarias tanto en la parte de la corriente como en la resolución de los pasos, ver tabla.4.69

Tabla 4.73: Selección del módulo Driver.

<i>Parámetros</i>	Pololu-A4988	Pololu-DRV8825
Precio	5	4
Conexión	5	5
Resolución	4	5
Configuración	5	3
PONDERACIÓN	19	17

Fuente: El investigador

4.3.13. Panel de control

Para tener un mejor control del sistema de impresión es necesario tener una interfaz, donde se optado por adaptar un control por LCD, el controlador debe ser compatible con la tarjeta que se está utilizando que en este caso es la GT2560 donde se tiene dos buses para la comunicación uno de la SDcard y la otra para comunicación de la LCD, estas características las cumple unicamente dos tipos de controladores LCD desarrollados por la misma empresa Geeetech que son las siguientes:

- Reprap LCD2004

- Reprap LCD12864

4.3.13.1. Reprap LCD2004

Básicamente es una LCD de 20 caracteres por 4 líneas, una de las primeras tarjetas LCD diseñadas por el proyecto RepRap para las impresoras 3D, consta de dos cables de conexión, un codificador en modo giratorio para la selecciones del menú de opciones, y una ranura para tarjeta SD, ver fig.4.27 eliminando así el uso del cable Usb para la comunicación de la impresora con la PC, con simplemente guardar el archivo a imprimir en la SD y seleccionar.[58]

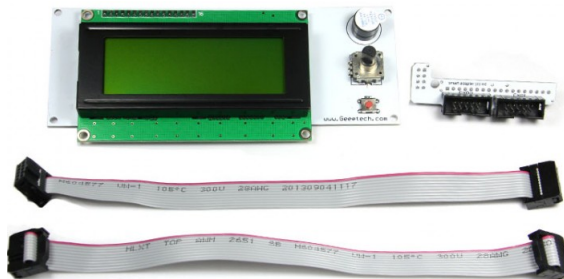


Figura 4.27: Reprap LCD2004
Fuente: Pantalla LCD RepRap 2004 - Geetech[58]

Tabla 4.75: Controlador Reprap LCD2004

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Pantalla	20 caracteres X 4 líneas
Voltaje de alimentación	5V
Controlador	S6A0069 o igual
Corriente	240 mA
Tamaño	98.0 X 60.0 X 14.0 mm
Costo	\$25

Fuente: El investigador

4.3.13.2. Reprap LCD12864

Es una LCD compatible con la tarjeta Ramps 1.4, Megatronics y Rambo, una de las características es que se puede configurar la duración del tiempo de iluminación de la LCD simplemente variando la resistencia que tiene dicha LCD se puede controlar el tiempo de 10 segundos hasta 2 minutos de iluminación, además de eso este controlador viene en dos formas de PCB (rectángulo y cuadrado), el resto de parámetros es similar a la LCD 2004.[59]

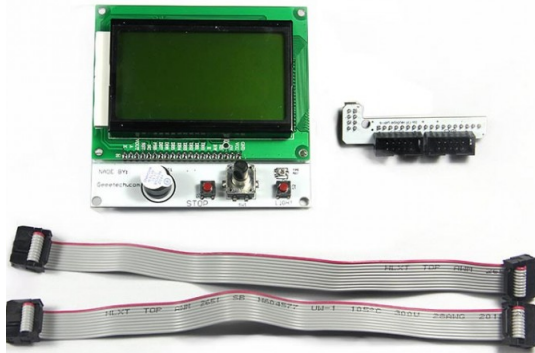


Figura 4.28: Reprap LCD12864
Fuente: Pantalla LCD RepRap 12864 - Geeetech[59]

Tabla 4.77: Controlador Reprap LCD12864

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Pantalla	128X64
Voltaje de alimentación	3.3V a 5V
Controlador	HJ12864ZW
Tamaño	93 X 75 X 12 mm
Costo	\$30

Fuente: El investigador

Selección del Controlador LCD.

Revisando las dos opciones del controlador LCD se pondera con uno como (no recomendable) al cinco como (Recomendable) para establecer la mejor opción y se observa que no existe mucha diferencia pero se considera la opción con el costo más accesible que en este caso es LCD2004, ver tabla.4.79 además el controlador LCD es suficiente para la visualizar el parámetro de temperatura, movimientos de los ejes, velocidades y sobre todo lector de tarjeta SD.

Tabla 4.79: Selección del Controlador LCD.

<i>Parámetros</i>	Reprap LCD2004	Reprap LCD12864
Conexión	5	5
Estética	5	3
Accesible	4	3
Interfaz	4	5
PONDERACIÓN	18	16

Fuente: El investigador

4.3.14. Software.

Para el control del sistema de impresión mediante el uso de comandos por códigos G se necesita de la ayuda de algún tipo software que permita la interacción entre el sistema de impresión y el usuario, para ello se ha realizado el análisis de tres tipos de software que utilizan los sistemas de impresión 3D por su fácil uso, excelente interpretación de los archivos CAD y software libre que permite reconfiguración para nuestro sistema de impresión, estos son:

- Matter Control.
- Repetier Host.
- Ultimaker Cura.

4.3.14.1. Matter Control.

Es una de las herramientas más utilizadas en la actualidad por su fácil manejo y sobre todo es muy intuitivo con el usuario, esta herramienta cuenta con un servidor donde se almacena algunas de las configuraciones más importantes de las impresoras de fabricantes y se puede agregar muchas más, una de las grandes ventajas es que MatterControl cuenta con tres generadores de código G (Cura, Slic3r, MatterSlice) permitiendo experimentar distintos tipos de soportes y comprar resultados, además tiene tres niveles de configuración experto, mediano y básico facilitando así el manejo de forma eficiente el software. [60]

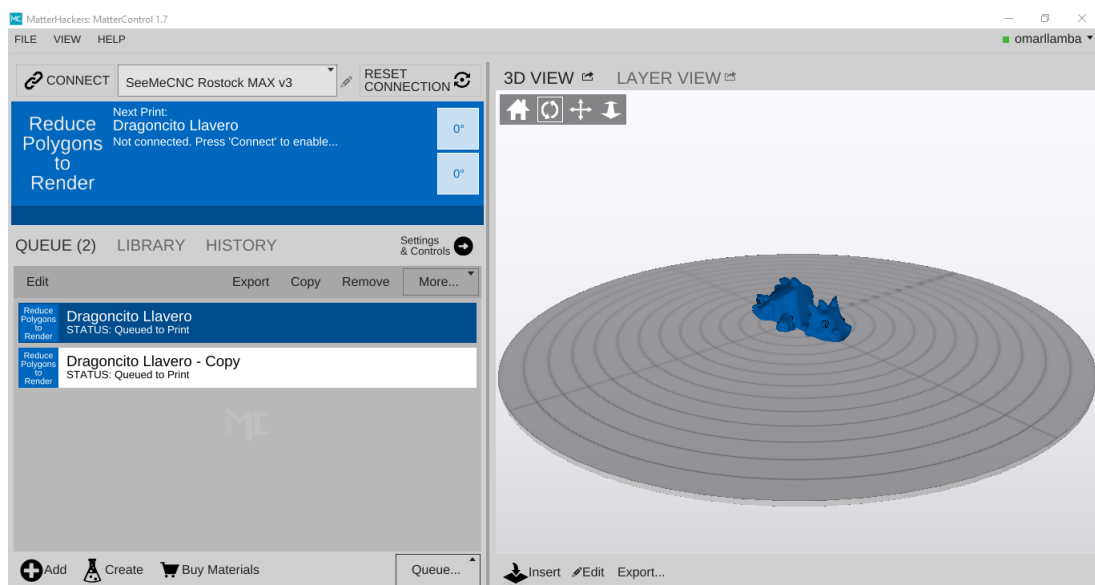


Figura 4.29: Software MatterControl.

Fuente: El Autor

Tabla 4.81: Parámetros de MatterControl

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Configuraciones	Básica, Estándar, Avanzada
Copilador de código	Cura, Slic3r, MatterSlice
Sistemas Operativos	Windows, Mac, Linux
Personalización	Alta
Costo	Gratis

Fuente: El investigador

4.3.14.2. Repetier Host.

Es uno de los primeros software que se han emplean en impresiones 3D, inicialmente fue creada para impresoras del proyecto RepRap hasta llegar a la actualidad que es unas de las opciones más preferidas en impresión 3D por sus amplia gama de aplicaciones como la de multi-copliador, multi-extrusión hasta 16 extrusores al mismo tiempo además que se puede tener acceso remoto para controlar el sistema de impresión vía Repetier Server utilizando un navegador en una Computadora, Smarthphone, Tablet, etc.[61]

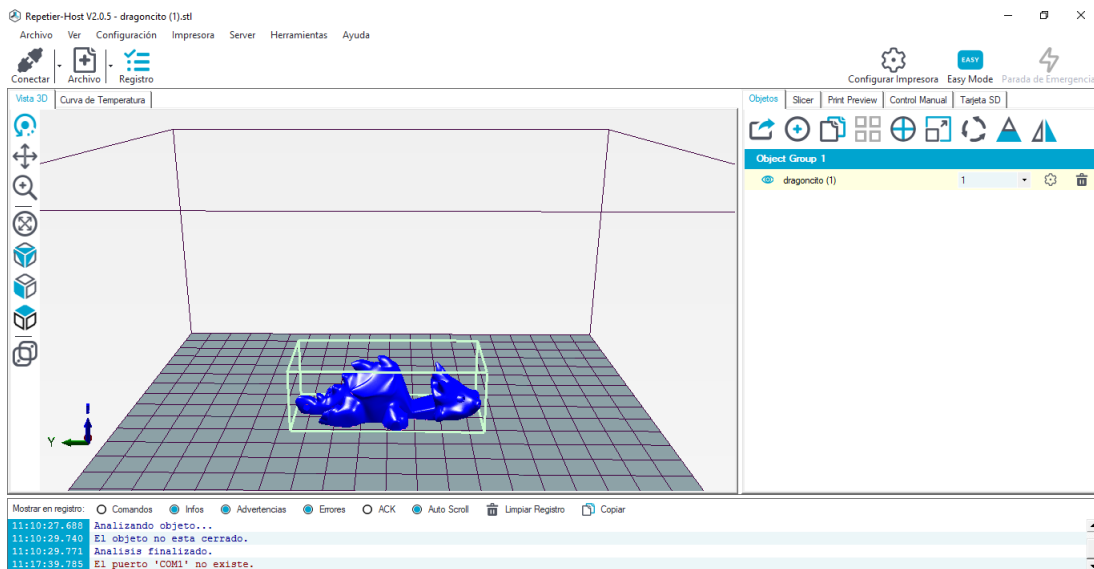


Figura 4.30: Software Repetier Host.

Fuente: El Autor

Tabla 4.83: Parámetros de Repetier Host

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Configuraciones	Estándar, Avanzada
Copilador de código	Repetier
Sistemas Operativos	Windows, Mac, Linux
Personalización	Medio
Costo	Gratis

Fuente: El investigador

Ultimaker Cura

Software utilizado en impresoras de gama Ultimaker 3D pero eso no impide que se puedan utilizar con impresoras 3D como las Makerbot, RepRap, Lulzbot entre otras, generalmente es empleado por principiantes en el área de la impresión 3D debido a que permite obtener buenos resultados con configuraciones básicas y para los que tiene un mayor conocimiento (Expertos) tienen más de 200 configuraciones lo que permite a Cura tener un control más preciso sobre la calidad de una impresión 3D.[62]

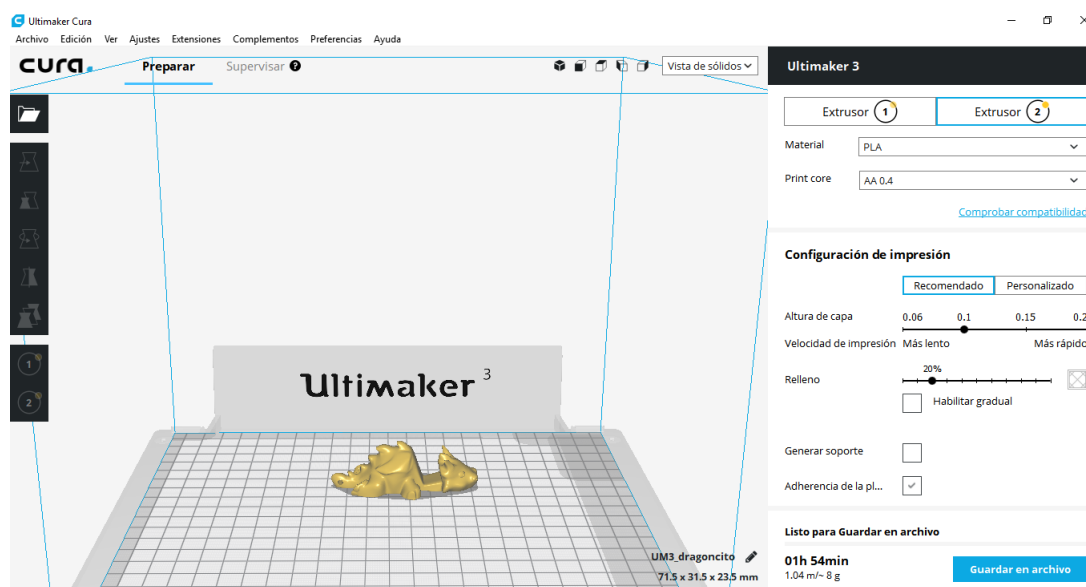


Figura 4.31: Software Ultimaker Cura.

Fuente: El Autor

Tabla 4.85: Parámetros de Ultimaker Cura

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Configuraciones	Básica, Avanzada
Copilador de código	Slicer
Sistemas Operativos	Windows, Mac, Linux
Personalización	Bajo
Costo	Gratis

Fuente: El investigador

Selección del Software.

Al analizar los tres tipos de Software se pondera con uno como (no recomendable) al cinco como (Recomendable) donde se observa que existe una gran diferencia en la personalización, forma de configuración y compilación del Código G al momento de realizar un impresión 3D en un sistema cartesiano, En la tabla 4.87 se ha realizado una ponderación con cuatro parámetros fundamentales que permitió seleccionar la mejor opción para nuestro sistema de impresión, en este caso MatterControl es el software más adecuado, por su fácil manejo de las configuraciones, múltiples herramientas y sobre todo es muy intuitivo con el usuario.

Tabla 4.87: Selección del Software

<i>Parámetros</i>	Matter Control	Repetier Host	Ultimaker Cura
Actualizaciones	5	3	4
Compilador	5	2	3
Intuitivo	5	2	4
Herramientas	4	5	4
PONDERACIÓN	19	12	15

Fuente: El investigador

4.3.15. Firmware.

Es una de las partes principales que se encarga de manejar físicamente al Hardware del sistema de impresión, se carga en la tarjeta de control donde esta interpreta los comandos generados en código G y permite el movimiento de cada uno de los ejes cartesianos en nuestro caso (x,y,z), la ventaja de estos programas es que facilitan la modificación de librerías y clases para agregar nuevas funciones, facilitando el control

de sistemas de impresión 3D, o en general máquinas cartesianas. A continuación se nombran dos importantes Firmware que se encuentran basadas en Arduino:

- Repetier
- Marlin

4.3.15.1. Repetier.

Es un firmware empleado para la impresoras 3D fue desarrollado en Alemania para que su utilización sea de forma gratuita, tiene un solo paquete que se encarga de agrupar el software que lleva el mismo nombre y el firmware, para hacer uso de mayores aplicaciones se necesita tener una versión pagada.[63]



Figura 4.32: Firmware Repetier
Fuente: Introducción Repetier-Firmware[63]

Tabla 4.89: Parámetros del firmare Repetier.

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Placas de trabajo	Ramps,Sanguino,Teensylu
software	Dedicado
Creador	Repetier
Permite acoplamiento de sensores	No
Licencia	Tiene limitaciones por versiones pagadas

Fuente: El investigador

4.3.15.2. Marlin.

Es un firmware creado principalmente por el proyecto RepRap que es compatible con varias impresoras que se encuentran basadas en Arduino entre las que se tiene la tarjeta Ramps, BQ, RAMBo, una de las mayores ventajas que tiene es que se puede trabajar por medio de una tarjeta SD o por el cable USB .[64]



Figura 4.33: Firmware Marlin.

Fuente:Firmware impresora 3D de código abierto - Marlin[64]

Tabla 4.91: Parámetros del firmware Marlin.

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Placas de trabajo	Ramps, BQ, RAMBo, Ultimaker, Sanguino.
software	No consta de software dedicado
Creador	EvdZ
Permite acoplamiento de sensores	Si
Licencia	Libre

Fuente: El investigador

Selección del Firmware.

Considerando los dos tipos principales de Firmware se pondera en la tabla con uno como (no recomendable) al cinco como (Recomendable), y se ve que no existe mucha diferencia entre los dos debido a que en la mayoría de las placas se puede utilizar Marlin o Repetier, pero la característica de acoplamiento de sensores le da una valor especial al Firmware de Marlin, ya que se va a trabajar con el sensor de autocalibración Touch lo que hace sea el indicado para cumplir el objetivo.

Tabla 4.93: Selección del Firmware

<i>Parámetros</i>	Marlin	Repetier
Actualizaciones	3	5
Reprogramación	5	4
Versatilidad	5	4
Acoplamiento sensores	5	0
PONDERACIÓN	18	13

Fuente: El investigador

4.3.15.3. Subsistema de Alimentación.

Para la selección del subsistema se ha considerado principalmente el voltaje de la placa GT2560 con la cual se va a trabajar, para ello se tiene únicamente dos alternativas que es 12v DC o una fuente de 24v DC debido que la placa acepta estos tipos de voltaje, en este caso como la base caliente trabaja únicamente con 24v DC se ha optado por seleccionar una fuente con dicha característica, también hay que considerar para seleccionar el subsistema de alimentación se debe conocer el consumo real de la corriente en todo el sistema de impresión, por dichos motivos se realiza la selección posteriormente en el capítulo “diseño del subsistema de alimentación”.

4.4. Diseño del prototipo.

Una vez ya seleccionado los elementos para la construcción del sistema de impresión es necesario realizar el diseño de los tres ejes de desplazamiento del sistema de impresión en este caso (x, y, z) como se observa en la fig. 4.34 donde se establece tres condiciones para el diseño:

- Subsistema de movimiento del **plano Y** es realizado por un acople directo a la cama caliente.
- Subsistema de movimiento del **plano X** es realizado por un acople directo al actuador del depósito, que permite desplazar en forma horizontal.
- Subsistema de movimiento del **plano Z** se realiza por acople directo al sistema de depósito permitiendo desplazar en forma vertical.

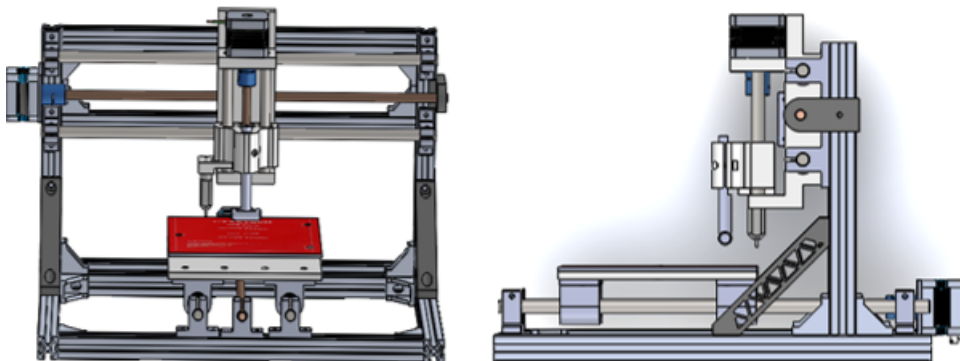


Figura 4.34: Subsistema de movimiento cartesiano planteado.

Fuente: El Autor

Para el diseño de los planos fueron necesarios seleccionar componentes que son fácil de encontrar en este caso, acoples de impresoras 3D, en la tabla 4.95 se muestran

los elementos que se utilizaron y posteriormente se validan de forma matemática el uso de cada uno de estos elementos, hay que considerar que si alguno elemento no cumple el factor necesario de seguridad se cambiará por otros más óptimos, algunos de ellos que no se encuentran en el diseño fueron seleccionados según la necesidad y el criterio del diseñador.

Tabla 4.95: Elementos del subsistema de movilidad

<i>Elemento</i>	<i>Gráfica</i>
Acople de motor a tornillo sin fin	
Rodamiento de bolas 608ZZ	
Rodamientos lineales LM8LUU	
Acople para rodamientos LM8LUU	
Eje de acero lisos 8 mm	

Fuente: El investigador

4.4.1. Diseño del subsistema de movimiento (eje y)

Este sistema consta de un dos guías de metal 10mm y en estas se encuentran ancladas 4 rodamientos lineales LM8LUU cada uno con su acople que también permite sujetar a la base caliente además tiene un motor que realiza el movimiento

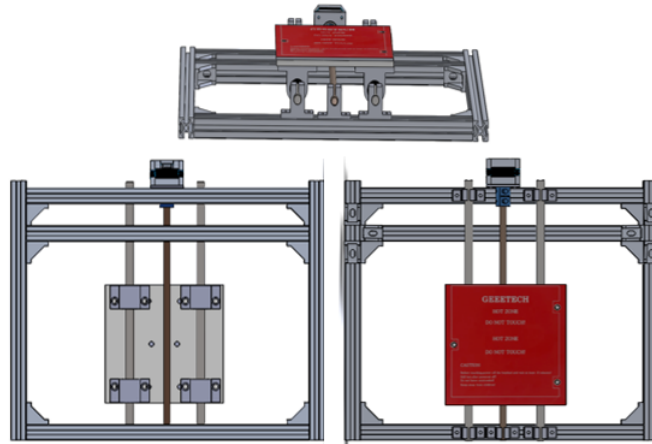


Figura 4.35: Diseño y ensamble del subsistema para el eje Y
Fuente: El Autor

del eje Y mediante un tornillo sin fin, en las siguientes gráficas se expone el diseño y ensamble del subsistema de movimiento del eje Y.

4.4.1.1. Cálculo del diámetro de los ejes para el plano Y

Se realizó la sustentación del diámetro adecuado de los ejes para el plano Y, estos ejes van están sometidos a cargas y momentos flectores que si no están adecuadamente dimensionados considerando las seguridades y tolerancias del material puede ocasionar pandeos y generar errores al momento de realizar el depósito del semiconductor orgánico.

Parámetros:

- *Longitud del eje: 330 mm (área de trabajo de 150mm)*
- *Masa de base caliente: 110 g (aproximado de la base de trabajo)*
- *Masa del soporte móvil: 610 g (acoples para rodamientos lineales y soporte de la base caliente)*
- *Gravedad: 9,8 m/s²*
- *Resistencia mínima a la tensión del acero AISI304 laminado en frío: 540-750 MPa (Esta resistencia se obtiene de la tabla de ThyssenKrupp Steel encargados de la fabricación de aceros inoxidables [65])*

$$\begin{aligned}
 \text{Masa Total} &= 110g + 610g = 720g \\
 \text{Fuerza Total} &= \text{Masa Total} * \text{Gravedad} \\
 \text{Fuerza Total} &= 0,72g * 9.8 \text{ m/s}^2 = 7,056N \\
 \text{Fuerza puntual en los apoyos} &= \left(\frac{\text{Fuerza Total}}{4} \right) = \mathbf{1,764N}
 \end{aligned}$$

En los cuatro rodamientos lineales LM8LUU que se encuentran con sus acoples respectivos se realiza la distribución del peso de la base caliente se encuentran separados 85 mm desde sus centros.

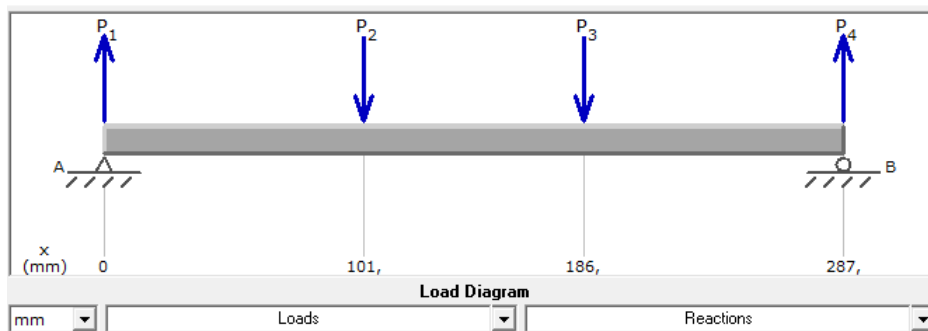


Figura 4.36: Diagrama de cuerpo libre aplicada en el plano Y
Fuente: El autor

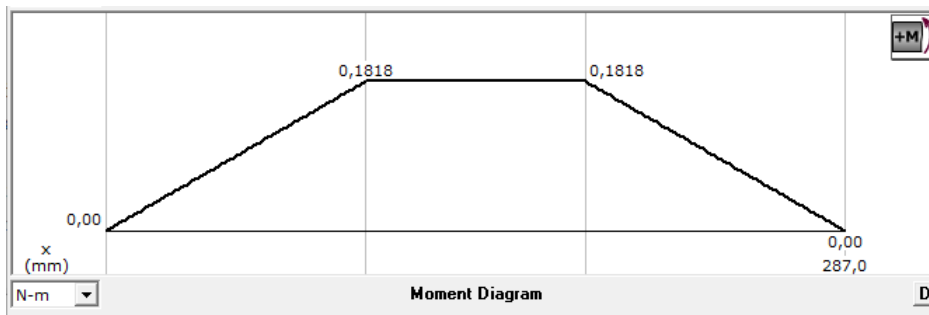


Figura 4.37: Diagrama del momento flector del eje en el plano Y
Fuente: El autor

Para obtener el diámetro adecuado para el eje Y se realiza el cálculo con el criterio de ED-Goodman (esfuerzos y fallas que existen en materiales dúctiles) usando la ecuación (7 – 8) del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley[66], se tiene que $M_m = T_m = T_a = 0$, debido a que los ejes no se están sometidos a torsión por dicho motivo la ecuación (7 – 8) es simplificada obteniendo como resultado la ecuación 4.1:

$$\mathbf{d} = \left(\frac{32 * n * K_f * M_a}{\pi S_e} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4.1)$$

El factor de seguridad (n) que se consideró en el cálculo del diámetro de los ejes es de 4, debido a que el sistema de impresión no es muy grande y además la máquinas es robusta, hay que considerar que las ecuaciones y los valores de factores de modificación, confiabilidad y resistencia del material se tomaron del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley. [66]

Donde:

$n = \text{Factor de seguridad} = 4$

$d = \text{Diámetro del eje} = 10 \text{ mm}$

$K_f = \text{Factor de concentración de esfuerzo para flexión} = 1.7$ (Tabla 7-1) [66]

$M_a = \text{Momento flector en el punto crítico} = 0,1818 \text{ m}$

$S_e = \text{Valor del límite de resistencia a la tensión en un punto crítico.}$

$S_{ut} = \text{Valor de esfuerzo en el acero inoxidable según AISI 304} = 568 \text{ MPa}$ (Tabla A-22)[66]

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e \quad (4.2)$$

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad (4.3)$$

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad (4.4)$$

$$K_b = 1,24 * d^{-0,107} \quad (4.5)$$

$$a = 4,51 \quad y \quad b = -0.265$$

$$K_C=1 \text{ Debido que el eje está sometido a flexión} \quad (4.6)$$

$$K_d = K_e = K_f = 1$$

$$S'_e = 0,5S_{ut} \quad S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa} \quad (4.7)$$

Reemplazando:

$$K_a = 4,51 * 568^{-0.265}$$

$$K_a = 0,84$$

$$K_b = 1,24 * 10^{-0.107}$$

$$K_b = 0,96$$

$$S'_e = 0,5 * 568 MPa$$

$$S'_e = 2,84 MPa$$

$$S_e = 0,84 * 0,96 * 2,84 = 236,17 MPa$$

$$d = \left(\frac{32 * 4 * 1,7 * 0,1818}{\pi * 236,17 * 10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \mathbf{3,763 \text{ mm}}$$

En este caso el diámetro adecuado para el eje del plano Y es de 3,763 pero en el mercado no existen ejes y los elementos para acoplar el eje con esas dimensiones, los acoples y ejes que existen son de 8 mm y 10 mm sin mucha diferencia en los precios, por dicho motivo se utiliza ejes de 10mm debido que se encuentran dentro del rango calculado y garantizando así estabilidad en el plano Y.

4.4.1.2. Cálculo del torque necesario para el motor en el palo Y.

Para este cálculo consideramos la sección 4.4.4 donde se elije el mecanismo de movimiento, que en este caso se opta por trabaja con motores Nema 17, sus características se tiene en la tabla 4.33 pero como existen varios tamaños de motores Nema 17, se selecciona cuatro motores más utilizados en sistemas de impresión, ver tabla 4.97 y según el cálculo se selecciona uno de la tabla.

Además para el cálculo de torque se consideraron coeficientes de rozamiento tanto de los rodamientos lineales ($\mu_1 = 0.007$), rodamientos rígidos de bolas ($\mu_2 = 0.003$) y tornillos sin fin ($\mu_2 = 0.11$), dichos valores se tienen especificadas en la hoja técnica.[67, 68, 69]

Tabla 4.97: Tipos de motores Nema 17

<i>Modelo motor Nema 17</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>Longitud (mm)</i>	<i>Torque (N*cm)</i>
17HS1352	220	34	0.26
17HS4401	280	40	0.36
17HS1910	400	48	0.50
17HS6001	550	60	0.80

Fuente: Motor Nema 17 - Einstronic girando en el futuro[70]

Donde:

Masa de la base caliente y soporte (m_1)= **720 g**

Gravedad (g)= **9,8 m/s²**

Coefficiente de rozamiento rodamientos lineales (μ_1)= **0,007**

Coefficiente de rozamiento rodamientos rígidos de bolas (μ_2)= **0,003**

Coefficiente de rozamiento del tornillo sin fin= (μ_3)= **0,11**

N_1 = Normal sobre los ejes.

m_1 = Masa del sistema extrusor y carro móvil.

F_1 = Fuerza que ejerce el sistema sobre las guías de los ejes.

F_2 = Fuerza necesaria para mover el carro con el sistema del tornillo sin fin.

Cálculos:

- Fuerza ejercida por el sistema sobre las guías del plano y

$$N_1 = m_1 * g \quad (4.8)$$

$$F_1 = \mu_1 * N_1 \quad (4.9)$$

Reemplazando:

$$N_1 = 0,720kg * 9,8m/s^2$$

$$N_1 = \mathbf{7,056N}$$

$$F_1 = 0,007 * 7,056$$

$$F_1 = \mathbf{0,049N}$$

- Fuerza necesaria para mover el sistema con el tornillo sin fin.

$$F_2 = \mu_3 * F_1 \quad (4.10)$$

Reemplazando:

$$F_2 = 0,11 * 0,049N$$

$$F_2 = \mathbf{0,005N}$$

- **Fuerza total para mover todo el sistema de impresión**

$$\mathbf{Ft} = F_1 + F_2 \tag{4.11}$$

$$F_t = 0,049N + 0,005N$$

$$F_t = \mathbf{0,05N}$$

Una vez encontrada la fuerza total que el sistema de impresión ejerce sobre el plano Y, se procede a calcular el torque mínimo que debe entregar el motor en este caso “Nema 17”, para que el plano se desplace es necesario considerar el tornillo sin fin que va a mover al eje Y.

Donde:

T =Torque mínimo entregado por el motor.

F =Fuerza requerida para el desplazamiento.

r =Radio del tornillo sin fin del eje Y.

Cálculos:

- Torque mínimo necesario para ser desplazado el eje Y por el motor

$$T = F * r \tag{4.12}$$

Reemplazando:

$$T = 0,05N * 0,4cm$$

$$\mathbf{T = 0,02 Ncm}$$

De acuerdo a los cálculos realizados el motor Nema 17 adecuado necesita tener un torque mínimo de 0,02 Ncm en este caso revisando la tabla 4.97 los motores se encuentran dentro del rango, pero lo que diferencia uno del otro es el peso, y las dimensiones por ese motivo se selecciona ha optado por seleccionar el modelo 17HS1352 que es menos robusto.

4.4.2. Diseño del subsistema de movimiento (eje x)

Este sistema al igual que el plano Y consta de un dos guías de metal 8mm y en estas se encuentran ancladas con 2 rodamientos lineales LM8LUU que están directamente

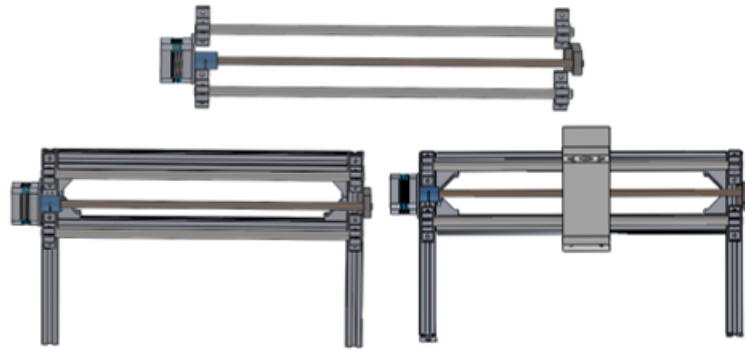


Figura 4.38: Diseño y ensamble del subsistema para el eje X
Fuente: El Autor

acoplado al actuador, también consta de un tornillo sin fin que mediante un motor permite realizar el movimiento del eje X, en las siguientes gráficas se expone el diseño y ensamble del subsistema de movimiento del eje X.

4.4.2.1. Cálculo del diámetro de los ejes para el plano X

Se realizó la sustentación del diámetro adecuado de los ejes para el plano X, hay que considerar que se van a utilizar los mismos elementos del sistema del plano Y.

Parámetros:

- Longitud del eje: **400 mm**
- Masa del actuador: **750 g** (aproximado del sistema de depósito)
- Masa del sistema móvil (x,z): **600 g** (acoples para rodamientos lineales y sostiene el actuador)
- Gravedad: **9,8 m/s²**
- Resistencia mínima a la tensión del acero AISI304 laminado en frío: **540-750 MPa** (Esta resistencia se obtiene de la tabla de ThyssenKrupp Steel encargados de la fabricación de aceros inoxidables [65])

$$\begin{aligned}
 \text{Masa Total} &= 750g + 600g = 1350g \\
 \text{Fuerza Total} &= \text{Masa Total} * \text{Gravedad} \\
 \text{Fuerza Total} &= 1,350g * 9.8 \text{ m/s}^2 = 13,23N \\
 \text{Fuerza puntual en los apoyos} &= \left(\frac{\text{Fuerza Total}}{4} \right) = \mathbf{3,3075N}
 \end{aligned}$$

La distribución del peso en el eje X se realiza en los ejes de 10mm los cuales se encuentran acoplado con dos rodamientos lineales LM8LUU en el interior del sistema móvil, hay que resaltar que la distribución de peso se realiza a 14,5 mm desde el centro de los rodamientos.

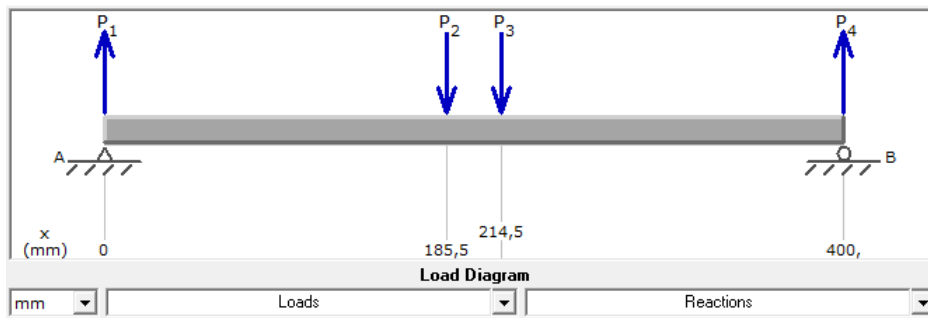


Figura 4.39: Diagrama de cuerpo libre aplicada en el plano X
Fuente: El autor

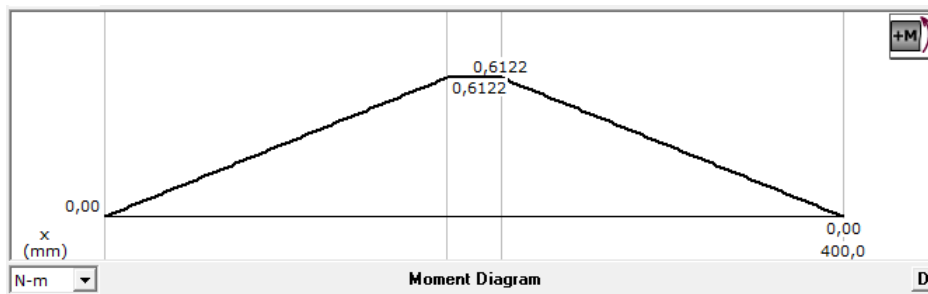


Figura 4.40: Diagrama del momento flector del eje en el plano X
Fuente: El autor

Para obtener el diámetro adecuado para el eje Y se realiza el cálculo con el criterio de ED-Goodman (esfuerzos y fallas que existen en materiales dúctiles) usando la ecuación (7 – 8) del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley[66], se tiene que $M_m = T_m = T_a = 0$, debido a que los ejes no se están sometidos a torsión por dicho motivo la ecuación (7 – 8) es simplificada obteniendo como resultado la ecuación 4.13:

$$d = \left(\frac{32 * n * K_f * M_a}{\pi S_e} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4.13)$$

El factor de seguridad (n) que se consideró en el cálculo del diámetro de los ejes es de 4, debido a que el sistema de impresión no es muy grande y además la máquinas es robusta, hay que considerar que las ecuaciones y los valores de factores de modificación, confiabilidad y resistencia del material se tomaron del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley. [66]

Donde:

n = Factor de seguridad = 4

d = Diámetro del eje = 10 mm

K_f = Factor de concentración de esfuerzo para flexión = 1.7 (Tabla 7-1) [66]

M_a = Momento flector en el punto crítico = 0,6122 m

S_e = Valor del límite de resistencia a la tensión en un punto crítico.

S_{ut} = Valor de esfuerzo en el acero inoxidable según AISI 304 = 568 MPa (Tabla A-22)[66]

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e \quad (4.14)$$

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad (4.15)$$

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad (4.16)$$

$$K_b = 1,24 * d^{-0,107} \quad (4.17)$$

$$a = 4,51 \quad y \quad b = -0.265$$

$$K_C=1 \text{ Debido que el eje está sometido a flexión} \quad (4.18)$$

$$K_d = K_e = K_f = 1$$

$$S'_e = 0,5S_{ut} \quad S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa} \quad (4.19)$$

Reemplazando:

$$K_a = 4,51 * 568^{-0.265}$$

$$K_a = 0,84$$

$$K_b = 1,24 * 10^{-0,107}$$

$$K_b = 0,96$$

$$S'_e = 0,5 * 568 \text{ MPa}$$

$$S'_e = 2,84 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0,84 * 0,96 * 2,84 = 236,17 MPa$$

$$d = \left(\frac{32 * 4 * 1,7 * 0,612}{\pi * 236,17 * 10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 5,640 mm$$

En este caso el diámetro adecuado para el eje del plano X es de 5,640 mm pero en el mercado no existen ejes y los elementos para acoplar el eje con esas dimensiones, los acoples y ejes que existen son de 8 mm y 10 mm sin mucha diferencia en los precios, por dicho motivo se utiliza ejes de 10mm debido que se encuentran dentro del rango calculado y garantizando así estabilidad en el plano X.

4.4.2.2. Cálculo del torque necesario para el motor en el palo X.

Para este cálculo consideramos la sección 4.4.4 donde se elige el mecanismo de movimiento, que en este caso se opta por trabaja con motores Nema 17, sus características se tiene en la tabla 4.33 pero como existen varios tamaños de motores Nema 17, se selecciona cuatro principales ver tabla 4.97 además hay que considerar los coeficientes de cada uno de los rodamientos que en este caso los valores de rozamiento son los mismo del eje Y.

Donde:

Masa del sistema de depósito y sistema móvil (m_1)= 1350 g

Gravedad (g)= 9,8 m/s²

Coefficiente de rozamiento rodamientos lineales (μ_1)= 0,007

Coefficiente de rozamiento rodamientos rígidos de bolas (μ_2)= 0,003

Coefficiente de rozamiento del tornillo sin fin= (μ_3)= 0,11

N_1 = Normal sobre los ejes.

m_1 = Masa del sistema extrusor y carro móvil.

F_1 = Fuerza que ejerce el sistema sobre las guías de los ejes.

F_2 = Fuerza necesaria para mover el carro con el sistema del tornillo sin fin.

Cálculos:

- Fuerza ejercida por el sistema sobre las guías del plano x

$$N_1 = m_1 * g \tag{4.20}$$

$$F_1 = \mu_1 * N_1 \tag{4.21}$$

Reemplazando:

$$\begin{aligned} N_1 &= 1.350kg * 9,8m/s^2 \\ N_1 &= \mathbf{13,23N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_1 &= 0,007 * 13,23 \\ F_1 &= \mathbf{0,092N} \end{aligned}$$

- Fuerza necesaria para mover el sistema con el tornillo sin fin.

$$F_2 = \mu_3 * F_1 \quad (4.22)$$

Reemplazando:

$$\begin{aligned} F_2 &= 0,11 * 0,092N \\ F_2 &= \mathbf{0,010N} \end{aligned}$$

- Fuerza total para mover todo el sistema de impresión

$$F_t = F_1 + F_2 \quad (4.23)$$

$$\begin{aligned} F_t &= 0,092N + 0,010N \\ F_t &= \mathbf{0,102N} \end{aligned}$$

Una vez encontrada la fuerza total que el sistema de impresión ejerce sobre el plano X, se procede a calcular el torque mínimo que debe entregar el motor en este caso “Nema 17”, para que el plano se desplace es necesario considerar el tornillo sin fin que va a mover al eje X.

Donde:

T =Torque mínimo entregado por el motor.

F =Fuerza requerida para el desplazamiento.

r =Radio del tornillo sin fin del eje X.

Cálculos:

- Torque mínimo necesario para ser desplazado el eje X por el motor

$$T = F * r \quad (4.24)$$

Reemplazando:

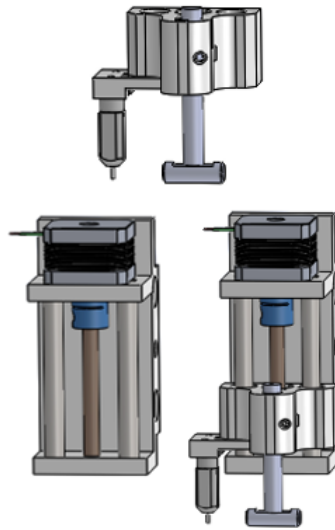


Figura 4.41: Diseño y ensamble del subsistema para el eje Z
Fuente: El Autor

$$T = 0,102N * 0,4cm$$

$$\underline{T = 0,04 Ncm}$$

De acuerdo a los cálculos realizados el motor Nema 17 adecuado necesita tener un torque mínimo de 0,04 Ncm en este caso revisando la tabla 4.97 los motores se encuentran dentro del rango, pero lo que diferencia uno del otro es el peso, y las dimensiones por ese motivo se selecciona ha optado por seleccionar el modelo 17HS1352 que es menos robusto.

4.4.3. Diseño del subsistema de movimiento (eje Z)

Este subsistema de movimiento es diferente a los dos anteriores debido el plano de movimiento es pequeño inferior a los 10 cm, además que las cargas se encuentran bien distribuidas por dichos motivos se realiza el cálculo solo del torque para seleccionar el motor adecuado que va a realizar el desplazamiento del eje Z.

4.4.3.1. Cálculo del torque necesario para el motor en el palo Z.

Para este cálculo igual que en los anteriores se consideramos la sección 4.4.4 donde se elije el mecanismo de movimiento, además que en tabla.4.33 se tiene una lista de motores a seleccionartambién hay que considerar los coeficientes de cada uno de los rodamientos que en este caso los valores de rozamiento son los mismo del eje X, y del eje Y.

Donde:

Masa del sistema móvil (z) y actuador (m_1)= **950 g**

Gravedad (g)= **9,8 m/s²**

Coefficiente de rozamiento rodamientos lineales (μ_1)= **0,007**

Coefficiente de rozamiento rodamientos rígidos de bolas (μ_2)= **0,003**

Coefficiente de rozamiento del tornillo sin fin= (μ_3)= **0,11**

N_1 = Normal sobre los ejes.

m_1 = Masa del sistema extrusor y carro móvil.

F_1 = Fuerza que ejerce el sistema sobre las guías de los ejes.

F_2 = Fuerza necesaria para mover el carro con el sistema del tornillo sin fin.

Cálculos:

- Fuerza ejercida por el sistema sobre las guías del plano Z

$$N_1 = m_1 * g \quad (4.25)$$

$$F_1 = \mu_1 * N_1 \quad (4.26)$$

Reemplazando:

$$N_1 = 0,95kg * 9,8m/s^2$$

$$N_1 = \quad \quad \quad \mathbf{9,31N}$$

$$F_1 = 0,007 * 9,31$$

$$F_1 = \quad \quad \quad \mathbf{0,065N}$$

- Fuerza necesaria para mover el sistema con el tornillo sin fin.

$$F_2 = \mu_3 * F_1 \quad (4.27)$$

Reemplazando:

$$F_2 = 0,11 * 0,065N$$

$$F_2 = \quad \quad \quad \mathbf{0,007N}$$

- Fuerza total para mover todo el sistema de impresión

$$F_t = F_1 + F_2 \quad (4.28)$$

$$F_t = 0,065N + 0,007N$$

$$F_t = \quad \quad \quad \mathbf{0,072 N}$$

Una vez encontrada la fuerza total que el sistema de impresión ejerce sobre el plano Z, se procede a calcular el torque mínimo que debe entregar el motor en este caso “Nema 17”, para que el plano se desplace es necesario considerar el tonillo sin fin que va a mover al eje Z.

Donde:

T =Torque mínimo entregado por el motor.

F =Fuerza requerida para el desplazamiento.

r =Radio del tornillo sin fin del eje Z.

Cálculos:

- Torque mínimo necesario para ser desplazado el eje Z por el motor

$$T = F * r \quad (4.29)$$

Reemplazando:

$$T = 0,072N * 0,4cm$$

$$\underline{T = 0,028 Ncm}$$

De acuerdo a los cálculos realizados el motor Nema 17 adecuado necesita tener un torque mínimo de 0,028 Ncm en este caso revisando la tabla.4.97 los motores se encuentran dentro del rango, pero se ha optado por seleccionar el modelo 17HS1352 que es menos robusto.

4.4.4. Diseño del subsistema de alimentación

En esta sección se realiza el cálculo de la mejor como fuente de alimentación dimensionando todos los elementos que consumen energía tanto actuadores, sensores, controladores, calibre de los cables y así poder dimensionar la potencia que se necesita en la fuente.

4.4.4.1. Cálculo de la potencia necesaria

En la tabla.4.99 se especifica el dimensionamiento de cada uno de los elementos, la potencia que se emplea y la potencia total requerida por el sistema de impresión.

Tabla 4.99: Dimensionamiento de potencia en los elementos

<i>Elementos</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Voltaje (V)</i>	<i>Corriente (mA)</i>	<i>Potencia (W)</i>
Tarjeta GT2560	1	24	10000	240
Motor Nema 17	3	5	3428,57	51,428
Sensor BL Touch	1	5	50	0,25
Driver A4988	3	5	150	2,25
LCD 2004	1	5	240	1,2
Luces LED blancas	1	12	400	4,8
Potencia Total				299,928

Fuente: El investigador

Con el valor cálculo se puede seleccionar la fuente adecuada pero es necesario también considerar posibles cambios en el sistema que se puede realizar por ejemplo el cambio de motores o de la base caliente además prevenir un sobreconsumo de energía, por dichos motivos se adiciona un 15 % más al valor calculado obteniendo una potencia necesaria de: **344,917 W \approx 345 W**

Al obtener el dimensionamiento correcto para nuestro sistema de impresión se busca la fuente que se encuentre dentro de los valores requeridos, para ello en la página de Geeetech [71] se tiene una variedad de fuentes para impresoras 3D, donde una de ellas cumple con las características requeridas ver fig.4.42 en la siguiente tabla se especifican las características de la fuente seleccionada.

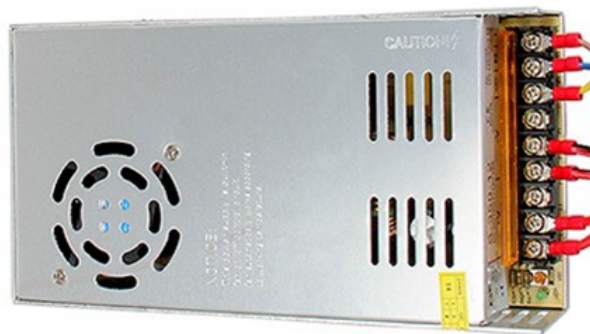


Figura 4.42: Fuente de voltaje AC/DC

Fuente: Elementos eléctricos, fuente de energía - Geeetech Wiki[72]

Tabla 4.101: Características de la fuente AC/DC

Nombre	S-350-12 AC / DC	Rango de corriente de salida	0-29A
Material	Metal	Potencia de salida	348W
Tamaño (mm)	215x115x50	Rango de voltaje de entrada (AC)	90-132v / 180-264v
Voltaje de entrada AC	110V o 240V	Sobrecarga de protección	105-135 %
Voltaje de salida DC	24v	Temperatura de trabajo, humedad	-10 ±60 °C
Tolerancia de voltaje de salida	±1 %	Rango de frecuencia de entrada	47-63 HZ
Corriente de salida	29 A	Eficiencia (Típico)	74 %

Fuente: El investigador

4.4.5. Diseño del subsistema de control

En esta sección se realiza las configuraciones que se realizaron en la parte del software, firmware y sobre todo la tarjeta de control como se había establecido es la GT2560.

4.4.5.1. Tarjeta de control

Como se estableció en la sección 4.3.10 la tarjeta más adecuada para el sistema de impresión es la GT2560, por su fácil conexión de los elementos y sobre todo que integra el controlador de la tarjeta Arduino Mega2560 como se muestra en la siguiente figura:

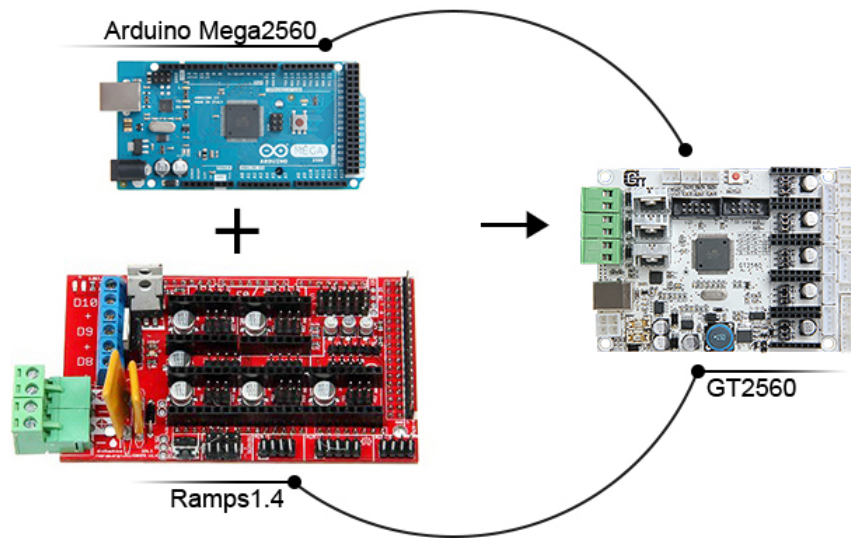


Figura 4.43: Integración compacta de dos tarjetas para obtener la tarjeta GT2560
Fuente: Tarjeta GT2560 - Geeetech Wiki[73]

Para realizar la conexión adecuada de cada uno de los elementos se estudia los elementos principales de los cuales está constituido la tarjeta GT2560 como es el caso de los controladores que utiliza, los puertos de comunicación, pines de conexión y la distribución de los pines, a continuación se especifica cada uno de estos elementos.

4.4.5.2. Pines de comunicación.

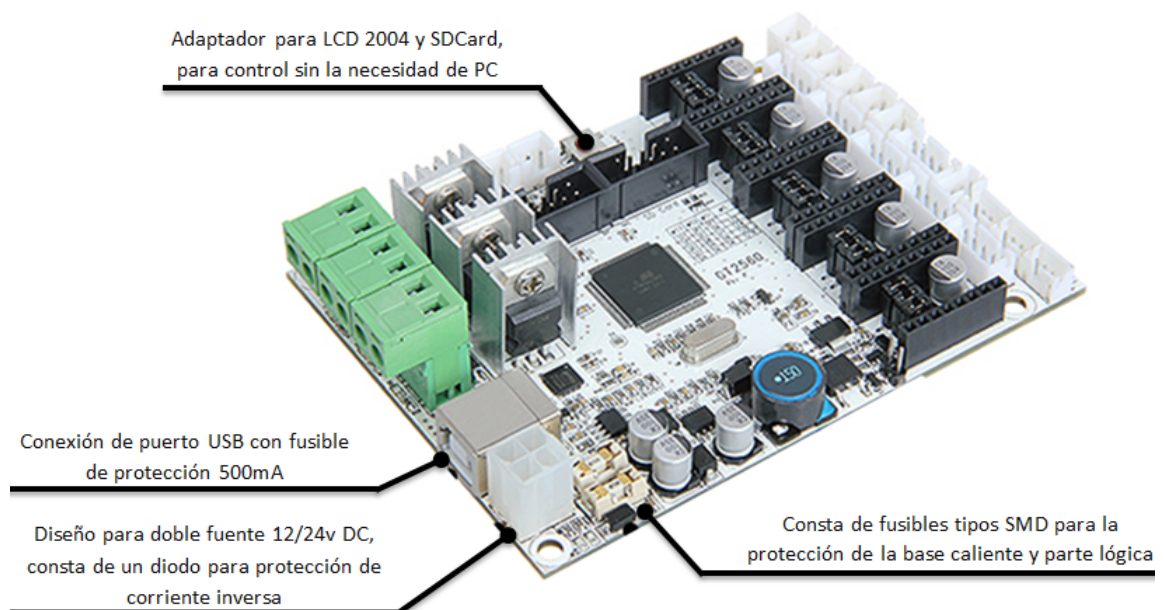


Figura 4.44: Pines de comunicación en tarjeta GT2560
Fuente: Tarjeta GT2560 - Geeetech Wiki[73]

4.4.5.3. Componentes electrónicos principales.

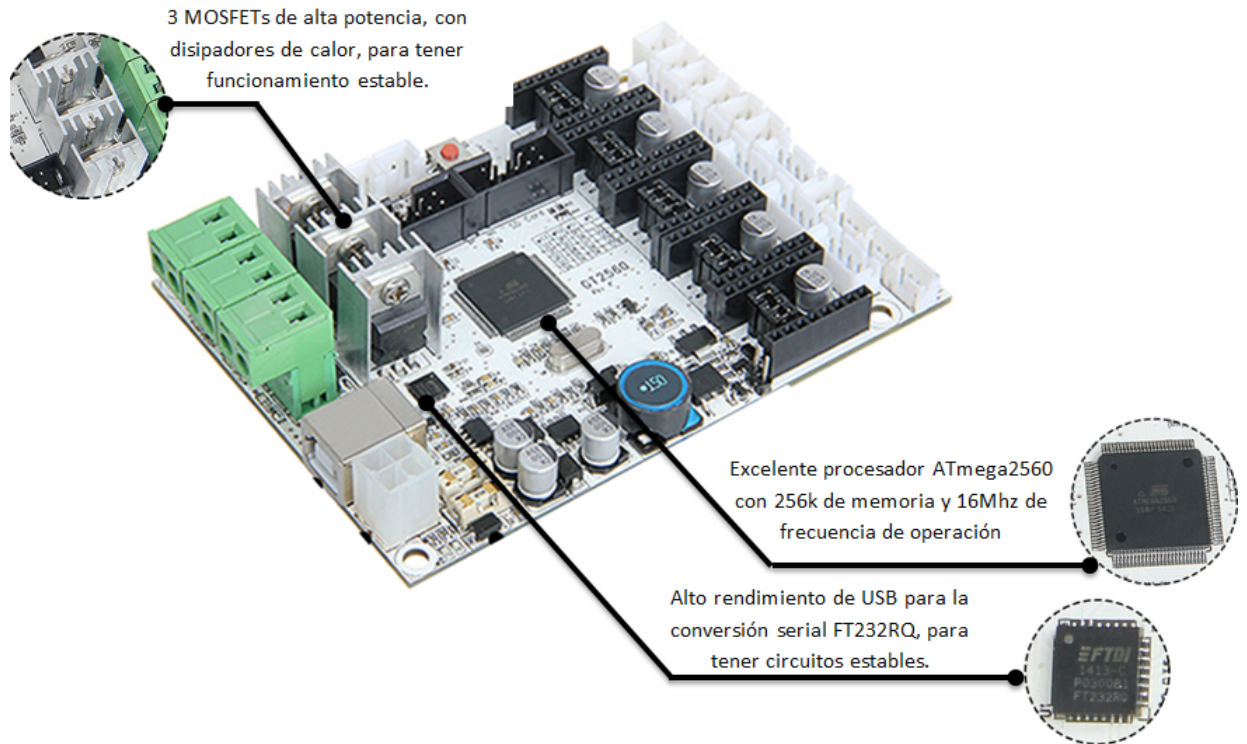


Figura 4.45: Componentes electrónicos en la tarjeta GT2560
Fuente: Tarjeta GT2560 - Geeetech Wiki[73]

4.4.5.4. Conectores principales.

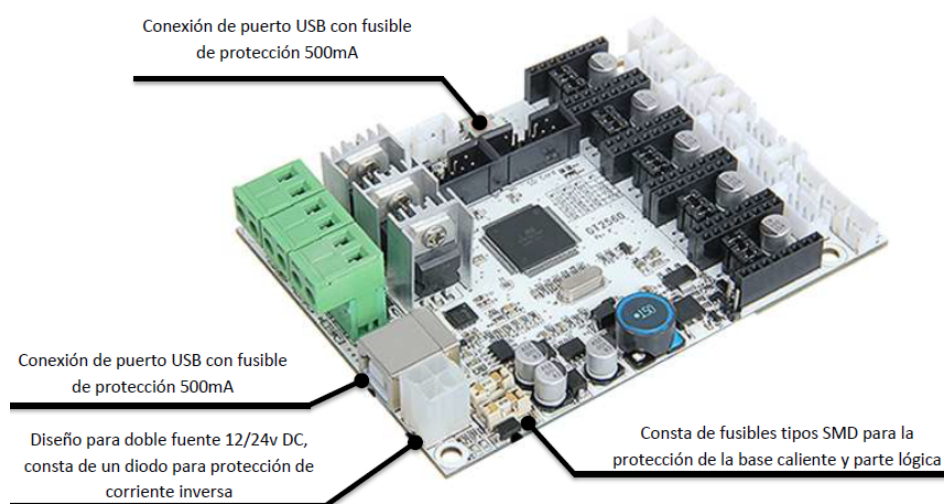


Figura 4.46: Conectores en la tarjeta GT2560
Fuente: Tarjeta GT2560 - Geeetech Wiki[73]

Una vez realizado el estudio de todos los elementos de los cuales está constituido la tarjeta GT2560 se procede a realizar un diagrama de bloques y un diagrama

funcional del sistema electrónico para el control del sistema de impresión, hay que resaltar que varios de los conectores no se van a utilizar debido que no son necesarios.

4.4.5.5. Diagrama de bloques del sistema electrónico.

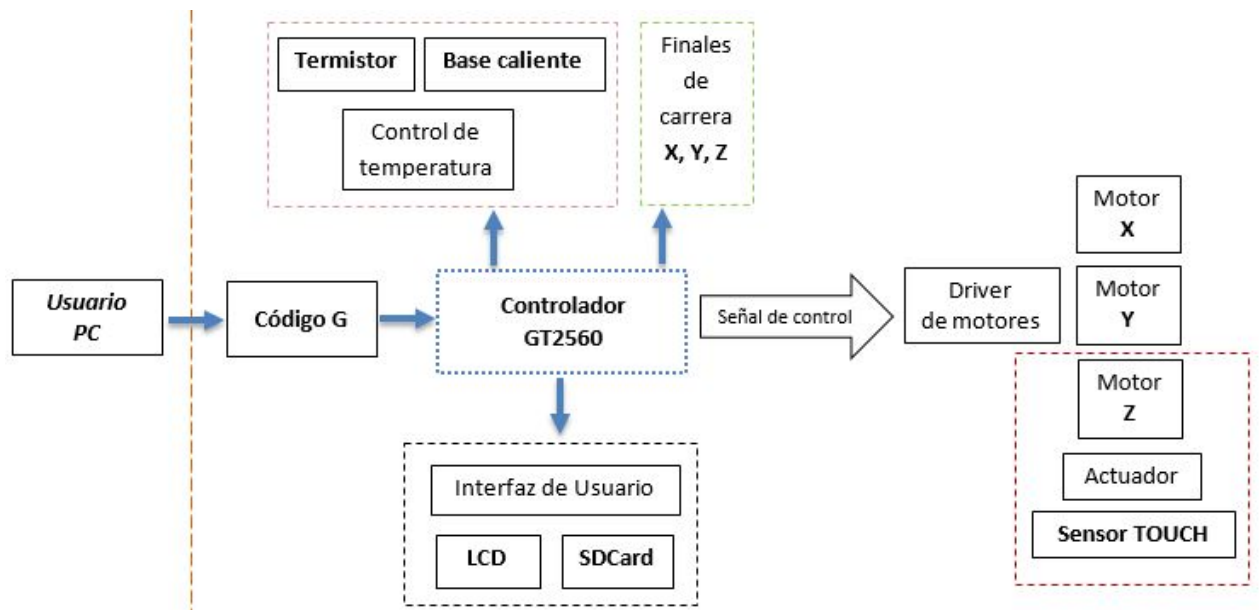


Figura 4.47: Diagrama de bloques del sistema electrónico
Fuente: El autor

4.4.5.6. Diagrama funcional del sistema electrónico.

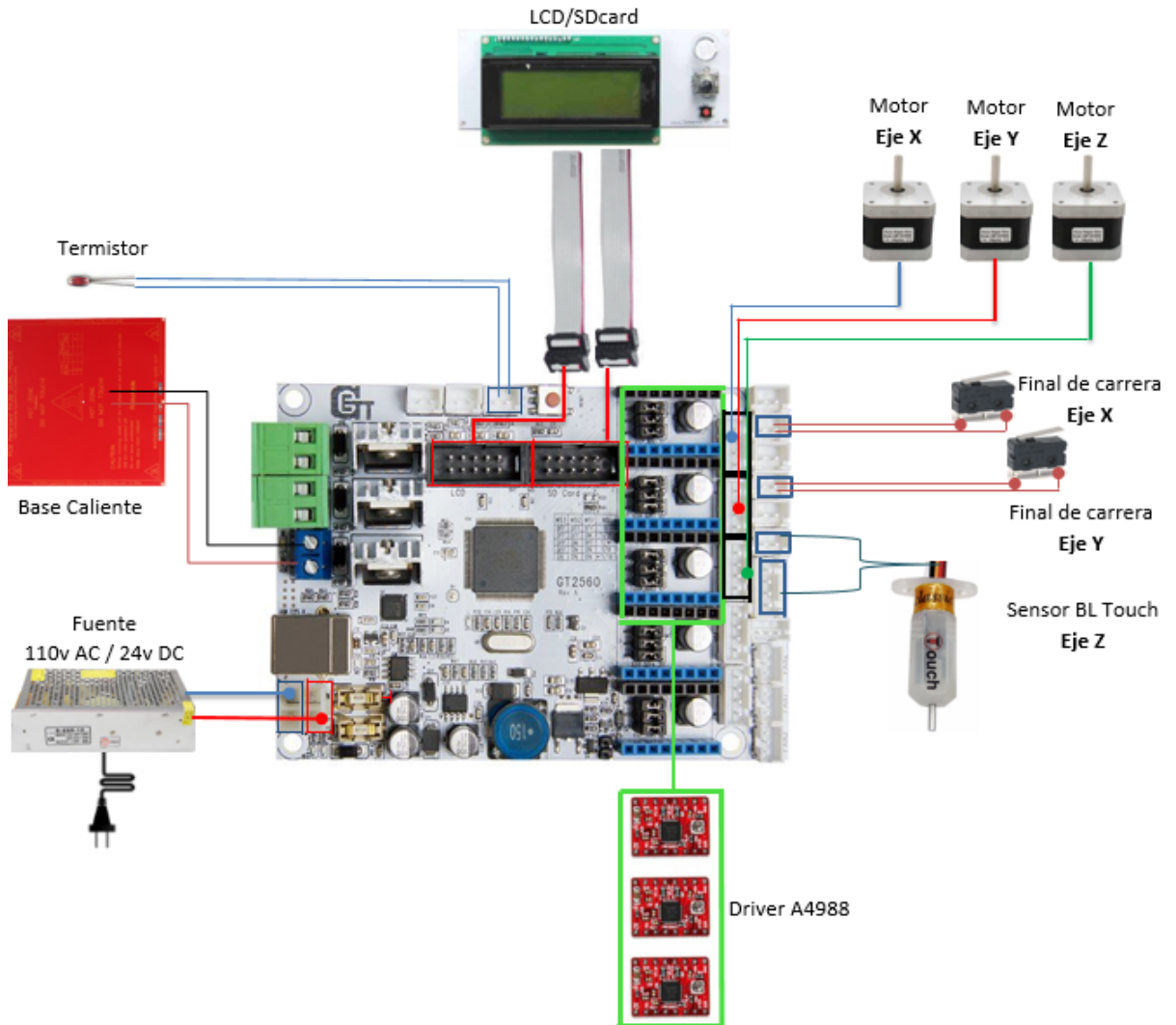


Figura 4.48: Diagrama de bloques del sistema electrónico
Fuente: El autor

4.4.6. Firmware

En esta parte se realiza las modificaciones correspondientes del código arduino (firmware) de la impresora Prusa i3 debido que esta se encuentra programado específicamente para la tarjeta GT2560, y se puede configurar de manera más adecuada para el sistema de impresión, a continuación se explican cada uno de los pasos ha realizar para la configuración del firmware.

4.4.6.1. Descargar - software y firmware

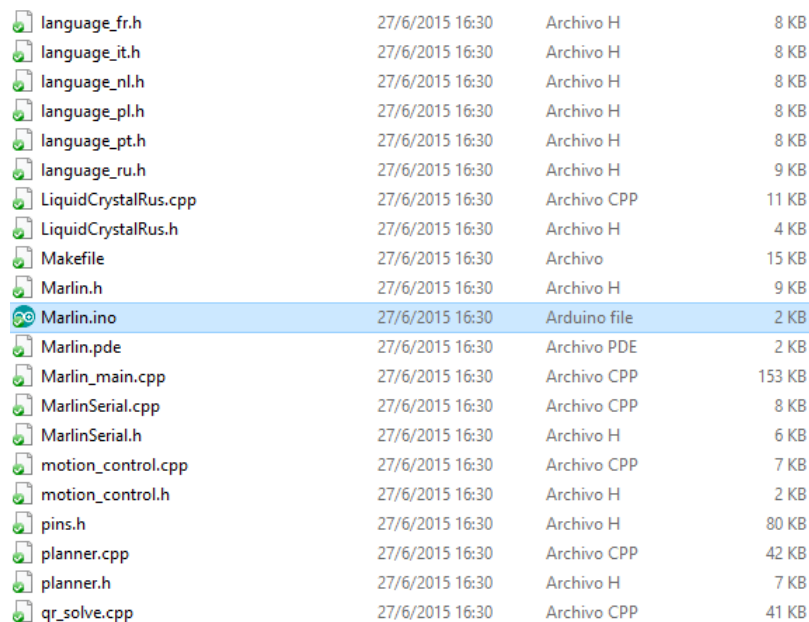
1. Descargar el firmware de *Marlin* desde la página oficial de RepRap. [74], la versión original de firmware se puede encontrar en GitHub para ser descargados

de los repositorios del firmware Marlin.

2. Descargar el IDE de arduino es recomendable que se descargue la versión 1.0.6 [75] por compatibilidad de drivers con la PC.

4.4.6.2. Modificación del Firmware.

Una vez realizado los pasos anteriores se selecciona el archivo que se encuentra en la carpeta Marlin y se ejecuta con doble click el archivo que se encuentra como Marlin.ino ver fig.4.49



language_fr.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	8 KB
language_it.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	8 KB
language_nl.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	8 KB
language_pl.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	8 KB
language_pt.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	8 KB
language_ru.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	9 KB
LiquidCrystalRus.cpp	27/6/2015 16:30	Archivo CPP	11 KB
LiquidCrystalRus.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	4 KB
Makefile	27/6/2015 16:30	Archivo	15 KB
Marlin.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	9 KB
Marlin.ino	27/6/2015 16:30	Arduino file	2 KB
Marlin.pde	27/6/2015 16:30	Archivo PDE	2 KB
Marlin_main.cpp	27/6/2015 16:30	Archivo CPP	153 KB
MarlinSerial.cpp	27/6/2015 16:30	Archivo CPP	8 KB
MarlinSerial.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	6 KB
motion_control.cpp	27/6/2015 16:30	Archivo CPP	7 KB
motion_control.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	2 KB
pins.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	80 KB
planner.cpp	27/6/2015 16:30	Archivo CPP	42 KB
planner.h	27/6/2015 16:30	Archivo H	7 KB
qr_solve.cpp	27/6/2015 16:30	Archivo CPP	41 KB

Figura 4.49: Firmware Marlin de RepRap – Prusa i3

Fuente: El autor

Cuando se ejecuta el firmware se abre una ventana similar a la fig.4.51 donde es necesario seleccionar la pestaña de *configuration.h* para cambiar algunas partes del código arduino necesario para el sistema de impresión en el siguiente flujograma se explica los procesos realizados en el firmware para el control del sistema de impresión.

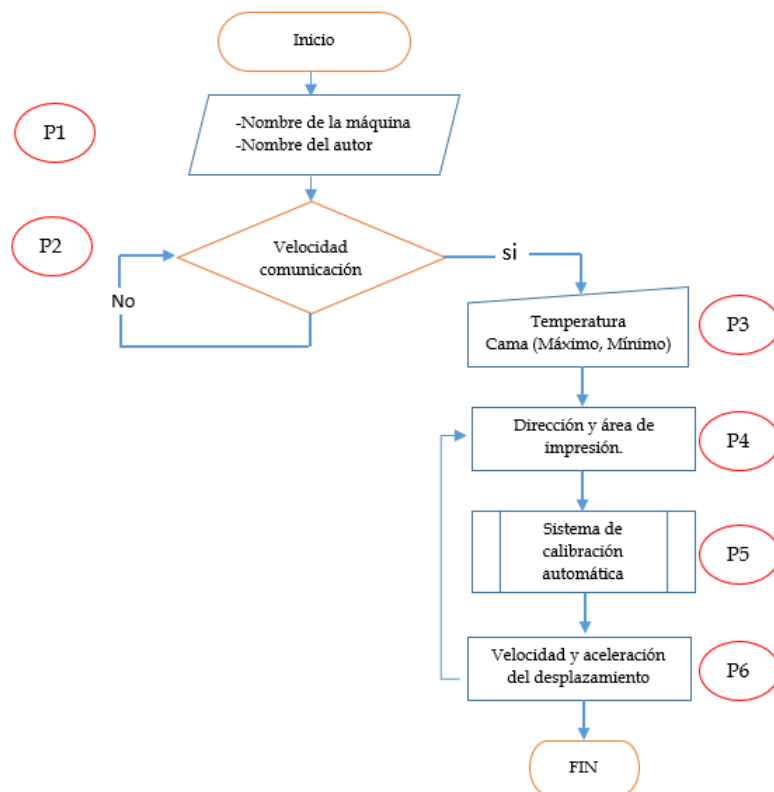


Figura 4.50: Flujograma del sistema de Impresión
Fuente: El autor

```

Marlin | Arduino 1.0.6
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
Marlin | BlinkM.cpp | BlinkM.h | Configuration.h | ConfigurationStore.cpp | ConfigurationStore.h | Configurati...
#ifndef CONFIGURATION_H
#define CONFIGURATION_H

#include "boards.h"

//NOMBRE DE LA MAQUINA
#define MACHINE_NAME OMARLIN

#define STRING_VERSION_CONFIG_H __DATE__ " " __TIME__ // fecha de la ultima compilacion a la tarjeta
#define STRING_CONFIG_H_AUTHOR "(Omar Llamba, MeCreator2)" // autor de los cambios al firmware

// Selección 0 para puerto serial por defecto
#define SERIAL_PORT 0

// Velocidad en baudiso por segundo para la comunicacion serial puede seleccionar otras
#define BAUDRATE 115200

//selección de la tarjeta GT2560 es la replica de la tarjeta ultimaker
#ifndef MOTHERBOARD
  #define MOTHERBOARD BOARD_MEGACREATOR
#endif
  
```

Figura 4.51: Configuración del código arduino en (Configuration.h)
Fuente: El autor

-

- **PROCESO 1**

Nombre del sistema de impresión en este caso se llama OMARLIN (Nombre del autor **omar** y firmware **marlin**)

- `#define MACHINE_NAME OMARLIN`

Nombre del autor de los cambios

- `#define STRING_CONFIG_H_AUTHOR "(Omar Llamba, MeCreator2)" //`
autor de los cambios al firmware

- **PROCESO 2**

Velocidad de comunicación del puerto serial generalmente se trabaja con velocidad de 115200.

- `#define BAUDRATE 115200`

- **PROCESO 3**

Selección de sensores, para el sistema de impresión solo utilizaremos 100k NTC , Si requiere ver la lista completa de sensores diríjase al programa máster en GitHub, donde seleccionamos **0** si no tiene sensor de temperatura y **1** si es un sensor de 100k NTC, en nuestro caso es la opción **1**.

- `#define TEMP_SENSOR_BED 1 //`para la cama o base

Temperatura máxima de la base del sistema de extrusión

- `#define BED_MAXTEMP 180 //`máxima temperatura en la cama

- **PROCESO 4**

Desplazamiento de lo motores es decir invierte la dirección de los motores, en este caso existen dos opciones 0 posición mínima y 1 posición máxima.

- `#define X_ENABLE_ON 0`

- `#define Y_ENABLE_ON 0`

- `#define Z_ENABLE_ON 0`

- `#define E_ENABLE_ON 0`

Para los finales de carrera se setean las posiciones de home inicial máxima o mínimas
1=max, -1=min

- #define X_HOME_DIR -1
- #define Y_HOME_DIR -1
- #define Z_HOME_DIR -1

En el área de impresión es necesario poner los límites por donde se van a imprimir, es decir las el tamaño del sistema de impresión.

- #define X_MAX_POS 300.00 //maxima posicion posible en la impresora.
- #define X_MIN_POS 0 //representacion del punto que llega al home (no debe ser necesariamente 0, el cero puede ser la esquina de la impresión)
- #define Y_MAX_POS 300.00
- #define Y_MIN_POS 0
- #define Z_MAX_POS 14.00
- #define Z_MIN_POS 0
- **PROCESO 5**

Activación de la calibración automática utilizando el sensor BL touch.

- #define ENABLE_AUTO_BED_LEVELING //habilita la calibración de automática.

Activación de los puntos donde se van a realizar la calibración automática en este caso un rectángulo.

- #define LEFT_PROBE_BED_POSITION 20
- #define RIGHT_PROBE_BED_POSITION 250
- #define BACK_PROBE_BED_POSITION 250
- #define FRONT_PROBE_BED_POSITION 20
- .

Configuración del números de puntos de autocalibración por lado 2=4 puntos, 3=9 puntos y así sucesivamente.

- `#define AUTO_BED_LEVELING_GRID_POINTS 2`

▪ **PROCESO 6**

Se configura la velocidad a la que el sistema de impresión va llegar a home (es decir cero máquina) las unidades están dadas en (mm/min)

- `#define HOMING_FEEDRATE {10*60, 10*60,3*60, 0}`

configuración los pasos por unidad, la velocidad y la aceleración del sistema de impresión.

- `#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT {800,800,800,93} // MXL, Z M8=1.25, MK8`
- `#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE {15, 15, 10, 45} // (mm/sec)`
- `#define DEFAULT_MAX_ACCELERATION {30,30,20,5000} // (mm/sec2)`

4.4.6.3. Cargar el Firmware a la placa GT2560.

Una vez realizado todas las modificaciones en el firmware es necesario que se guarde las últimas configuraciones y luego se procede a cargar en la tarjeta GT2560, como me mencionó anteriormente se necesita tener ya tener instalado la versión del IDE de arduino 1.0.6 para que no genere conflictos, a continuación se explica los pasos para subir el firmware de manera correcta.

- Abrir el archivo para borrar la memoria eeprom (eeprom -clear) que viene como ejemplo en el IDE de arduino.

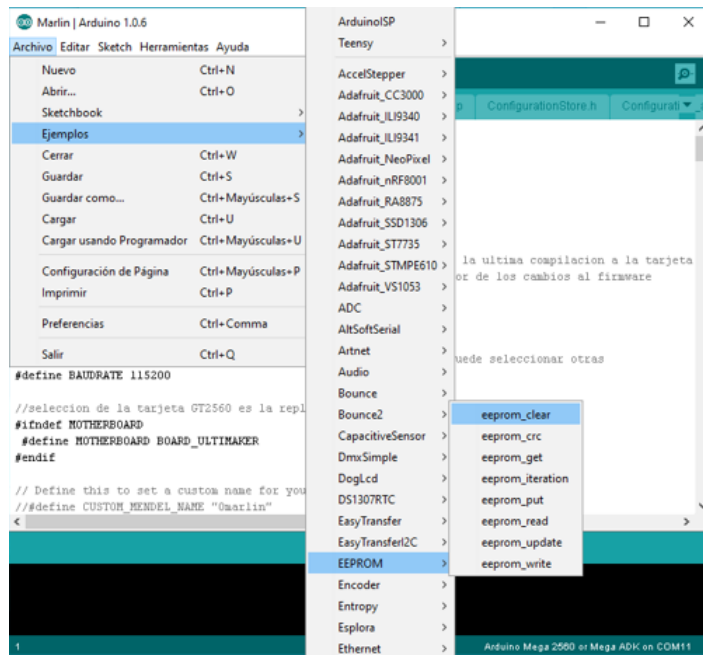


Figura 4.52: Archivo para borrar la memoria eeprom de la placa GT2560
Fuente: El autor

- Borrar la memoria eeprom de la tarjeta GT2560, se debe dirigir a la pestaña de herramientas seleccionar el puerto COM y el nombre de la tarjeta “Arduino Mega 2560 o Mega ADK”..

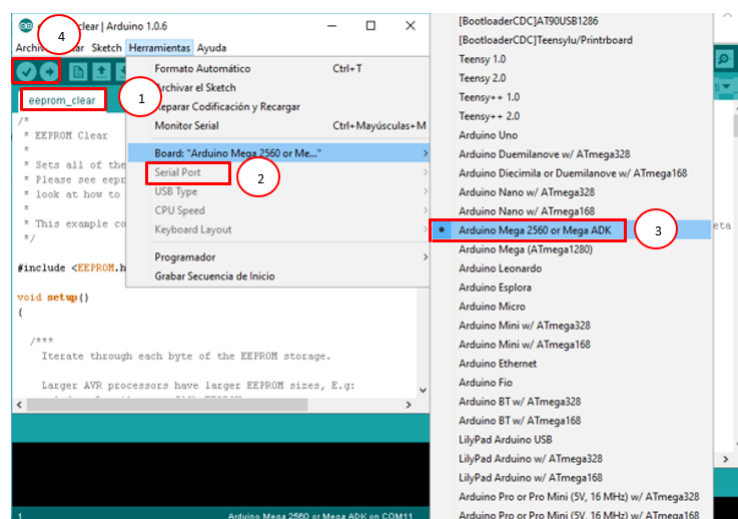


Figura 4.53: Pasos para el borrado de la memoria eeprom de la GT2560
Fuente: El autor

- Una vez borrado correctamente la memoria de la tarjeta GT2560, se procede a cargar el firmware ya modificado igual que en el paso anterior se debe seleccionar el puerto COM y la tarjeta Arduino correcta,

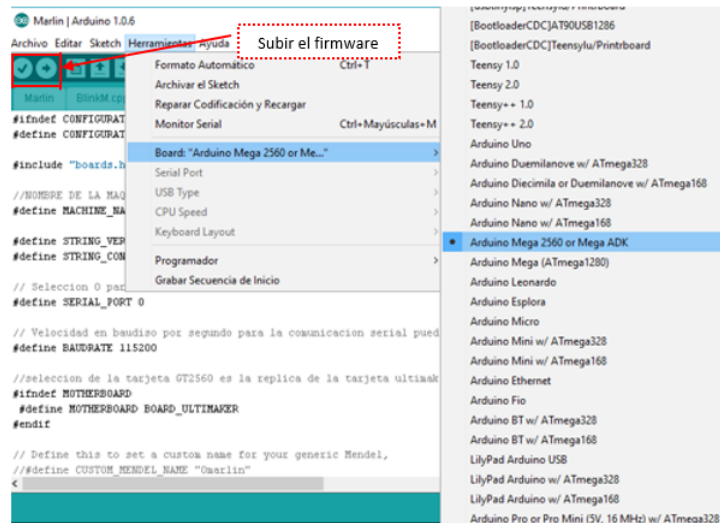


Figura 4.54: Subir el firmware a la placa GT2560
Fuente: El autor

4.4.7. Software

Como se consideró en la sección 4.3.14 se ha optado por utilizar el software MatterControl para generar el código G, por su fácil manejo de las configuraciones, múltiples herramientas además que es un software gratis y dedicado para sistemas de impresión, en este caso se ha descargado la versión más actual de **MatterControl v1.7** en la página de MatterHackers, en este caso se trabajó con la versión para Windows. [76]

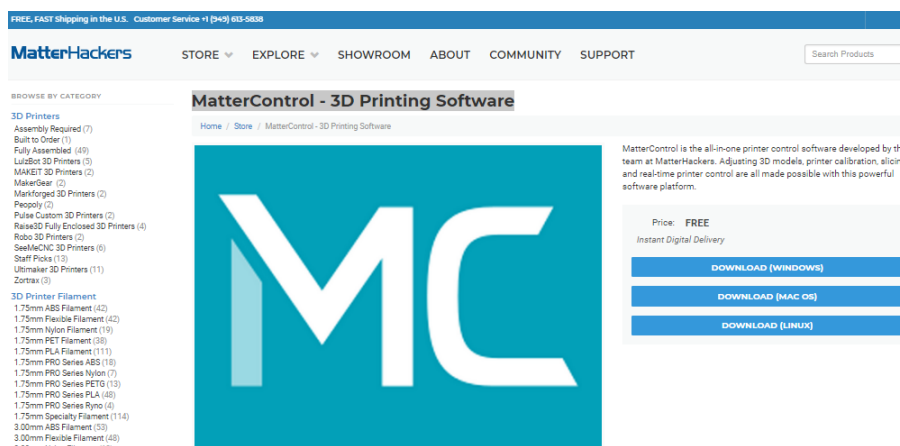


Figura 4.55: Descarga de software de la página MatterHackers
Fuente: El autor

4.4.7.1. Instalación del software.

Una vez descargado el software es necesario que se ejecute el software en modo administrador, en las siguientes gráficas se muestran el proceso de instalación.

- Aceptar los términos para la instalación e instalar los drivers que necesita MatterControl para ser ejecutado correctamente.

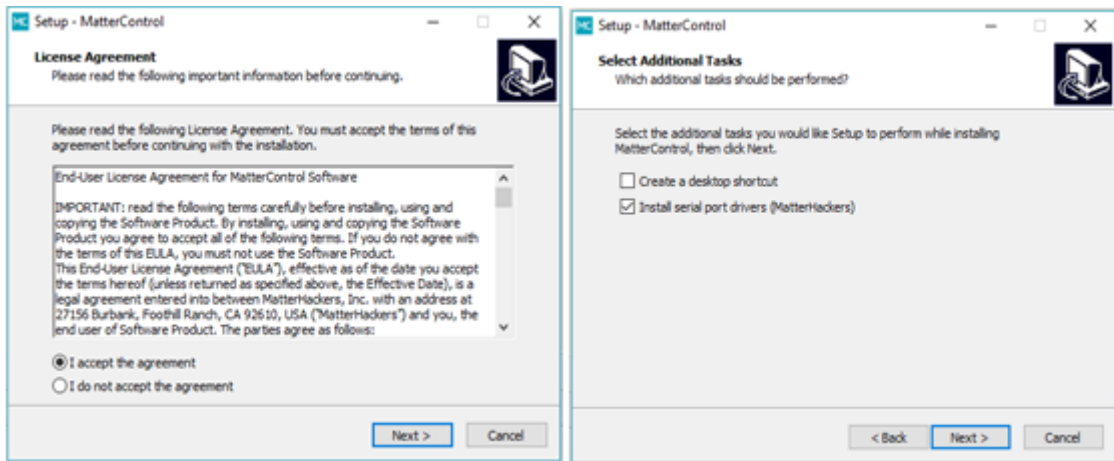


Figura 4.56: Instalación de drivers para MatterControl
Fuente: El autor

- Para la instalación de los drivers se debe seleccionar la ubicación de donde se va instalar el software, en este caso el **disco local C**.

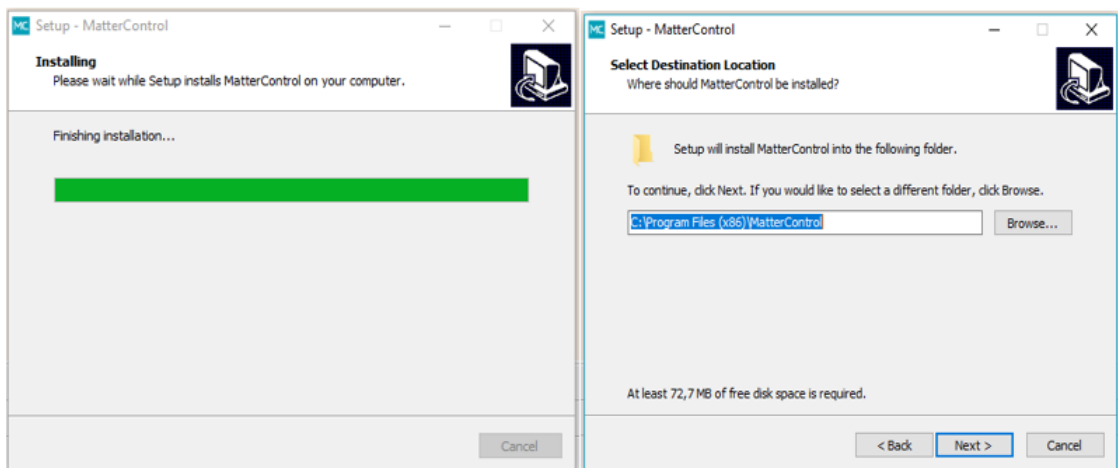


Figura 4.57: Selección de la ubicación para MatterControl
Fuente: El autor

- Al concluir la instalación del software aparece un advertencia de Microsoft .NET framework, en este caso ya se tiene instalado ese complemento, sólo se cierra la pestaña y el programa está listo.

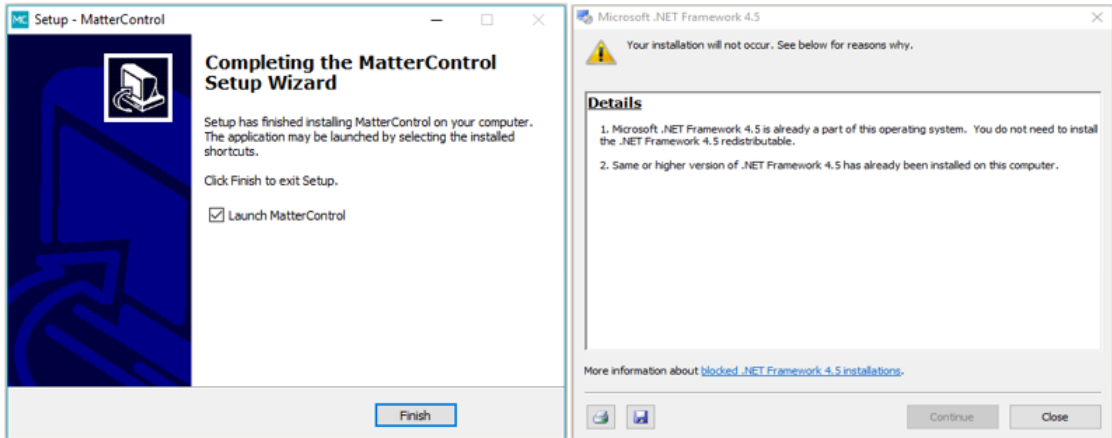


Figura 4.58: Instalación correcta del software MatterControl
Fuente: El autor

- Finalmente el software se puede ejecutar desde el acceso directo creado en el escritorio visualizando una pantalla similar a la siguiente.

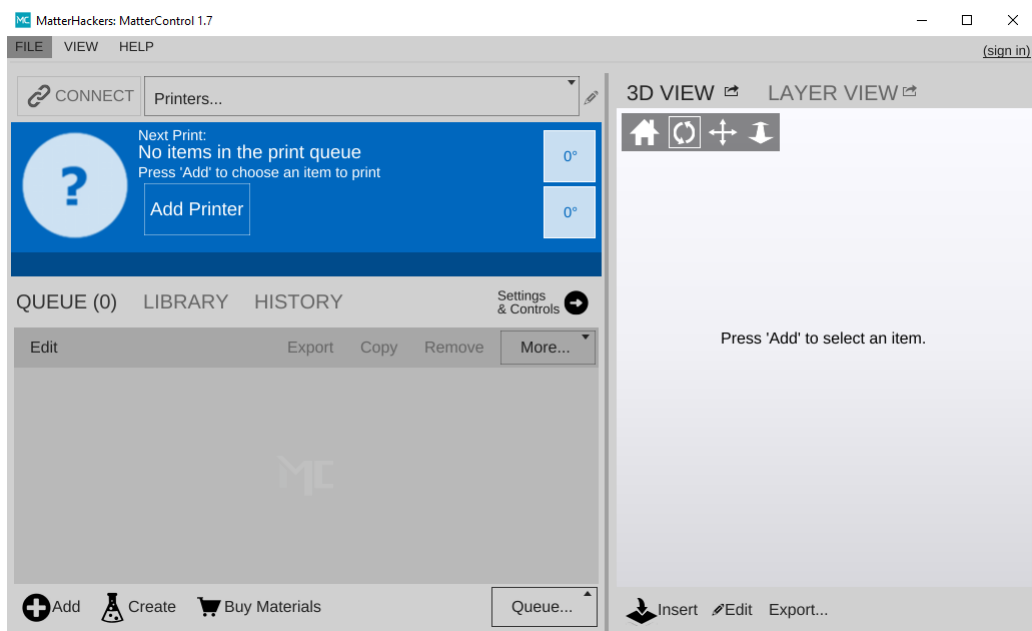


Figura 4.59: Perfil del software MatterControl
Fuente: El autor

- Es recomendable que se cree una cuenta de usuario para poder acceder a las configuraciones del sistema de impresión desde cualquier computador.

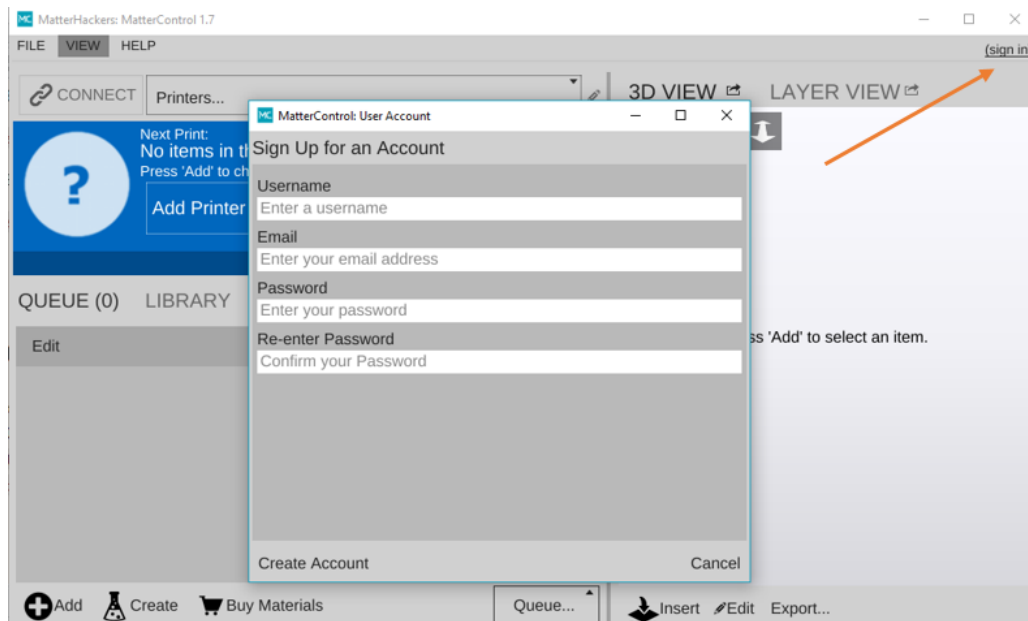


Figura 4.60: Perfil del software MatterControl
Fuente: El autor

- Una vez creado el perfil de usuario se puede seleccionar un nuevo sistema de impresión que se adapte a nuestras necesidades.

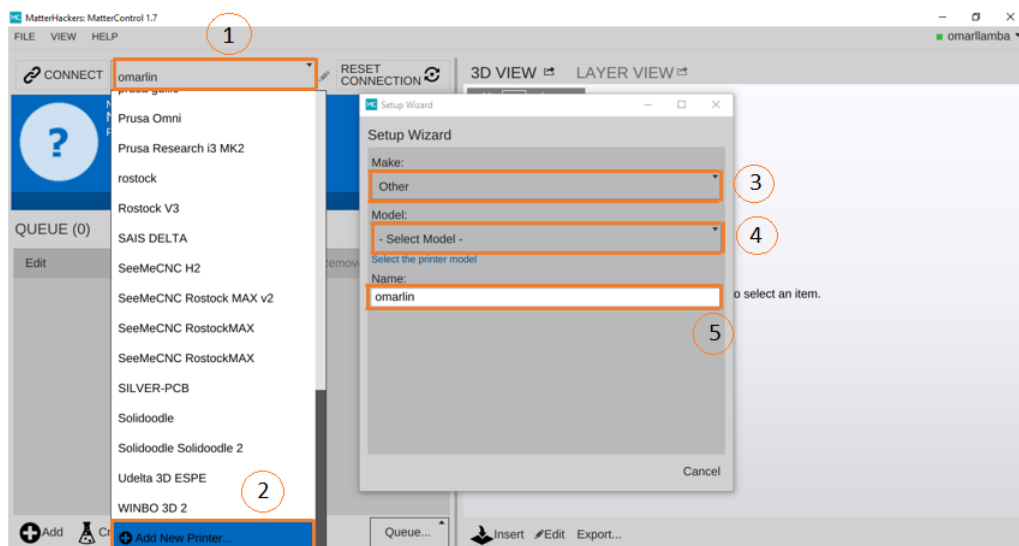


Figura 4.61: Nuevo sistema de impresión en MatterControl
Fuente: El autor

En este caso como nuestro sistema de impresión no es una impresora 3D pero se pueden utilizar las mismas configuraciones que el de una impresora 3D se ha seleccionado una Prusa i3, debido que es un sistema cartesiano y su área de impresión es cuadrada donde se realizan las modificaciones respectivas en esta impresora, hay

que resalta que existen más modelos de impresoras 3D pero la que más se adapta a nuestro sistema de impresión es el de la Prusa i3 en la fig.4.61 se puede observar los pasos para seleccionar un nuevo sistema de impresión.

- Las configuraciones que se deben realizar una vez creado un nuevo perfil de usuario para nuestro sistema de impresión se resumen en la siguiente tabla.4.103 donde se especifican algunos parámetros que se configuraron previamente en le firmware, como el es caso del área de impresión, temperatura de la base, velocidad de comunicación.

Tabla 4.103: Principales Configuraciones de MatterControl

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Área de impresión	15x15 mm
Velocidad de comunicación	115200 Baudios
Velocidad de desplazamiento	0.5 mm/s
Temperatura de la base caliente	0 °C - 135 °C

Fuente: El investigador

4.5. Diseño del subsistema de Depósito

Para el diseño de este subsistema se considero en el capítulo 4.3.4 se optó por el método del tipo rodillo, debido a su buena uniformidad al momento de depositar el material y su fácil implementación.

El rodillo se ha diseñando en forma de una T invertida ver fig.4.62, la cual consta de dos varillas acopladas mediante una rosca (tipo tornillo) donde para tener mayor seguridad se realiza un rosca adicional al costado del eje horizontal que permite colocar un prisionero como se muestra en la figura.

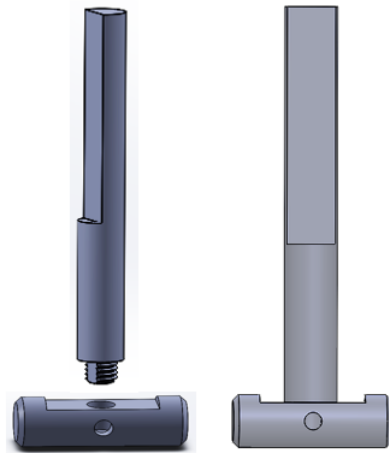


Figura 4.62: Subsistema de depósito tipo Rodillo
Fuente: El autor

Este tipo de acople tipo rodillo se ha maquinado en acero inoxidable acero inoxidable cromado debido que al interactuar el rodillo con el semiconductor orgánico no debe tener ninguna impurezas que afecten a sus propiedades químicas, también hay que considerar que el rodillo debe ser totalmente liso en la tabla.4.105 se especifican algunas de las propiedades según AISI 420 (*Instituto Americano del hierro y el acero*), las mismas que se consideraron al momento de seleccionar el acero.

Tabla 4.105: Propiedades del acero inoxidable según AISI 420

Acero Inoxidable AISI 420	
Dureza	38-48 HRc (Hardeness Rockwell C)
Resistencia a la tracción	$\geq 635 \text{ N/mm}^2$
Resistencia al calor	Hasta 650 °C
Composición	-Carbono=0,16-0,25 % -Cromo=12 %-14 % -Manganeso= ≤ 1 % -Silicio= ≤ 1 %
Ventajas	-Tolerancia cero o baja a contaminación y partículas -Evita la oxidación prematura de piezas por la contaminación de partículas. -Mayor vida útil de la herramienta

Fuente: El investigador

Una vez realizado el diseño de la parte del rodillo, se procede a sujetar para el ello

se diseña un mecanismo que incorpore al actuador (Rodillo) y al sensor BL Touch, ver fig.4.63 se debe considerar que los dos sistemas deben encontrarse lo más cerca posible para facilitar la calibración del eje Z.

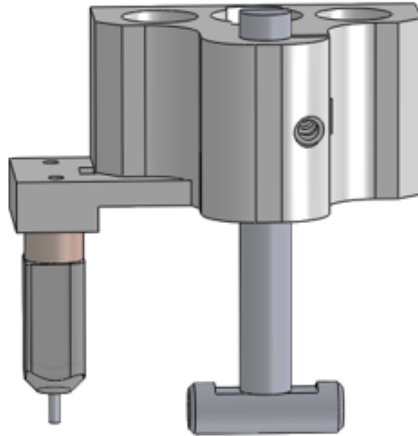


Figura 4.63: Mecanismo de sujeción para el sensor y actuador
Fuente: El autor

Para que el mecanismo de sujeción se funcione adecuadamente se diseña un sistema de que permita el desplazamiento de todo el actuador incluido el sensor de calibración a través del eje X, este sistema a su vez contiene internamente rodamientos lineales que facilitan el desplazamiento adecuado del actuador, ver fig.4.64.

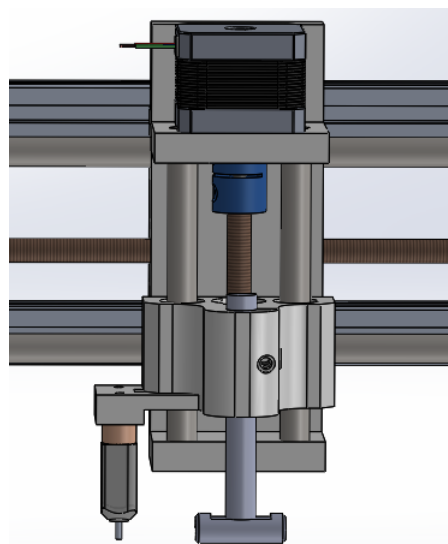


Figura 4.64: Mecanismo completo de desplazamiento a través del eje X
Fuente: El autor

4.6. Diseño del subsistema de Estructura.

Para el diseño final que es la parte de la estructura del sistema de impresión se realizó según las dimensiones ya obtenidas de los elementos en los apartados anteriores, es así que se diseña toda la estructura por tres tipos de elementos como son: MDF, Impresión 3D y Acrílico, cada uno de estos elementos se seleccionaron según las necesidad y disponibilidad para el autor.

4.6.1. Estructuras diseñadas para ensamble en MDF.

- Vistas laterales del sistema de impresión.

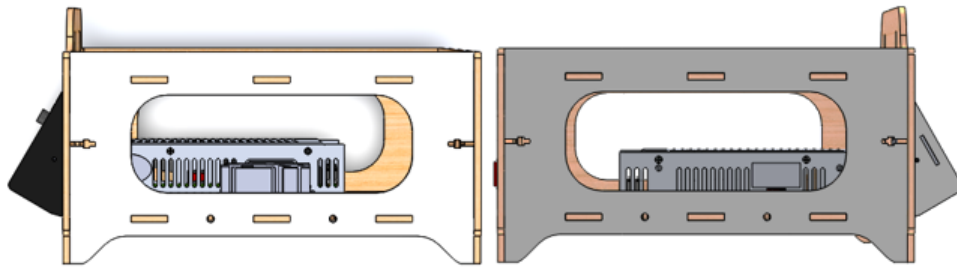


Figura 4.65: Vista laterales en MDF
Fuente: El autor

- Vistas superior e inferior del sistema de impresión.

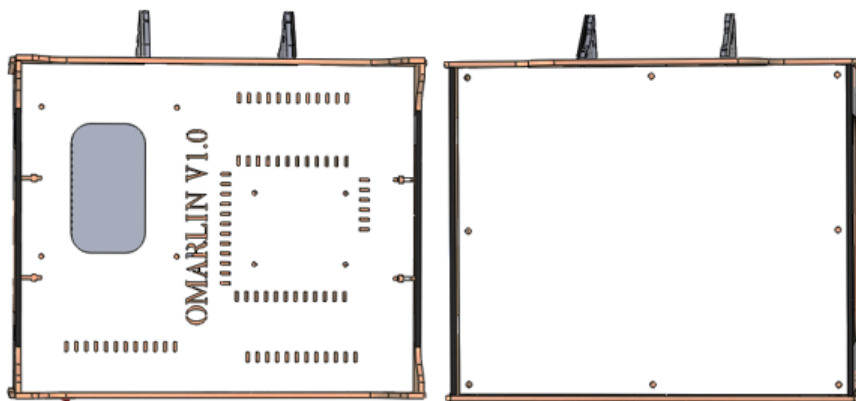


Figura 4.66: Vista superior e inferior en MDF.
Fuente: El autor

- vista anterior y posterior del sistema de impresión.

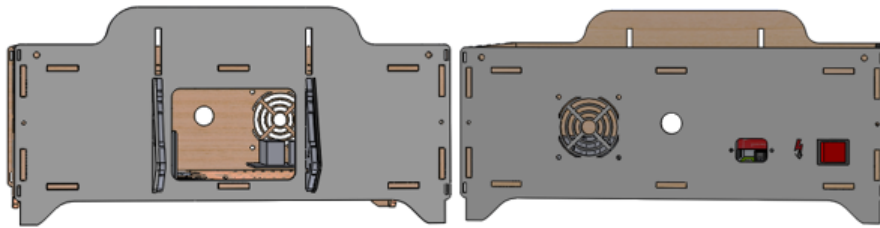


Figura 4.67: Vista anterior y posterior en MDF.

Fuente: El autor

4.6.2. Estructuras diseñadas para ensamble en Acrílico.

Las tapas en acrílico fueron diseñadas con el objetivo de que el sistema de impresión se vea visualmente estético, por dichos motivos se le emplearon el cuatro partes del sistema de impresión.

- Vistas laterales del sistema de impresión.

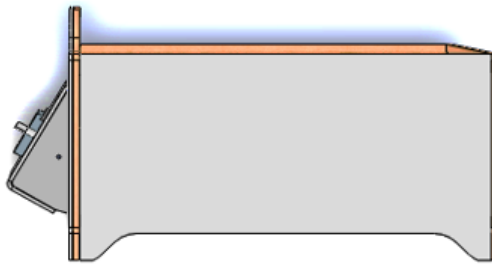


Figura 4.68: Vista lateral realizadas en Acrílico.

Fuente: El autor

- Vista del frente y LCD.

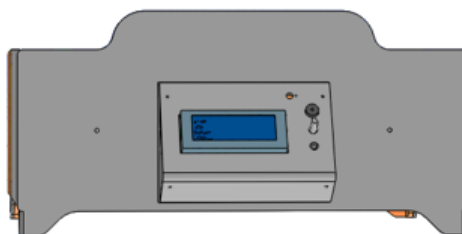


Figura 4.69: Vista del frente y LCD realizadas en Acrílico.

Fuente: El autor

4.6.3. Estructuras diseñadas para ensamble en Aluminio.

Las partes que se diseñaron el aluminio fueron los ejes del sistema de impresión y también los soportes de los mismos ejes.

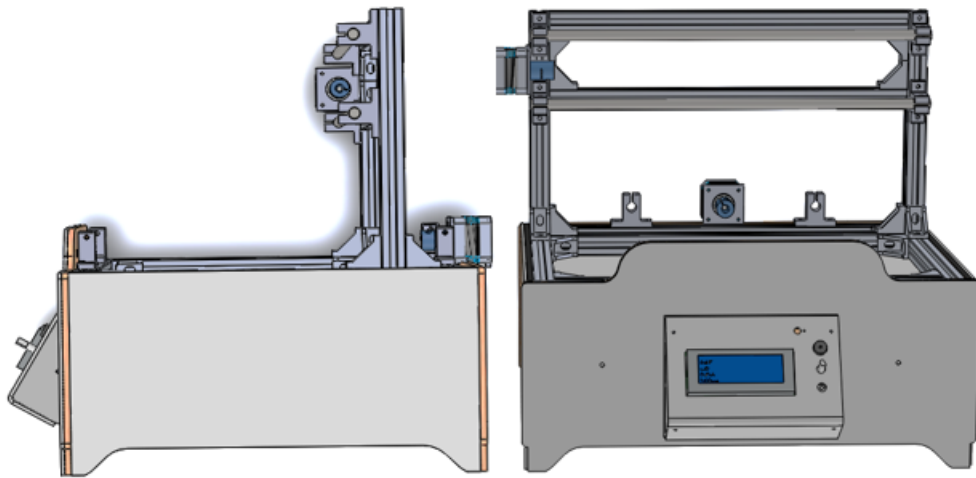


Figura 4.70: Vista del frente y lateral de las piezas en Aluminio.
Fuente: El autor

4.6.4. Estructuras diseñadas para ensamble en Impresión 3D.

Las partes que se realizaron en impresión 3D fueron los soportes para los dos perfiles de aluminio del eje Y y lo más importante la parte que sujeta el actuador tanto el del eje X como del Z, estos acoples se optó por realizar en Impresión 3D debido que se necesitaba estar modificando frecuentemente hasta obtener el actuador correcto.

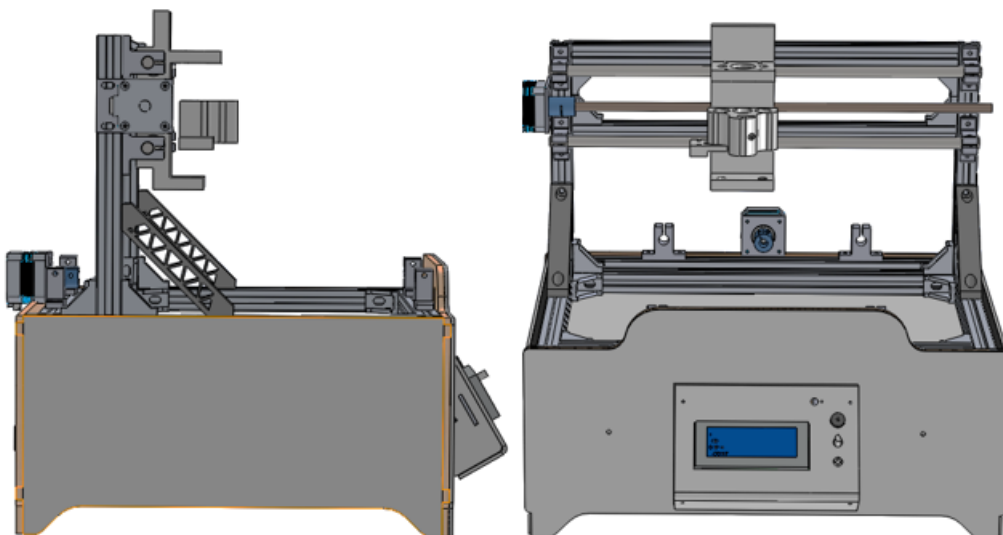


Figura 4.71: Vista del frente y lateral de las piezas en Impresión 3D.
Fuente: El autor

4.6.5. Diseño final del sistema de impresión.

Una vez realizado el diseño de todas las estructuras para el ensamble del sistema de impresión se incorpora todo el diseño en uno solo, incluyendo algunas de las partes electrónicas del sistema de impresión que permite tener una idea más clara del diseño final, en la fig.4.72 se puede observar el diseño completo del sistema de impresión para el depósito de semiconductores orgánicos.

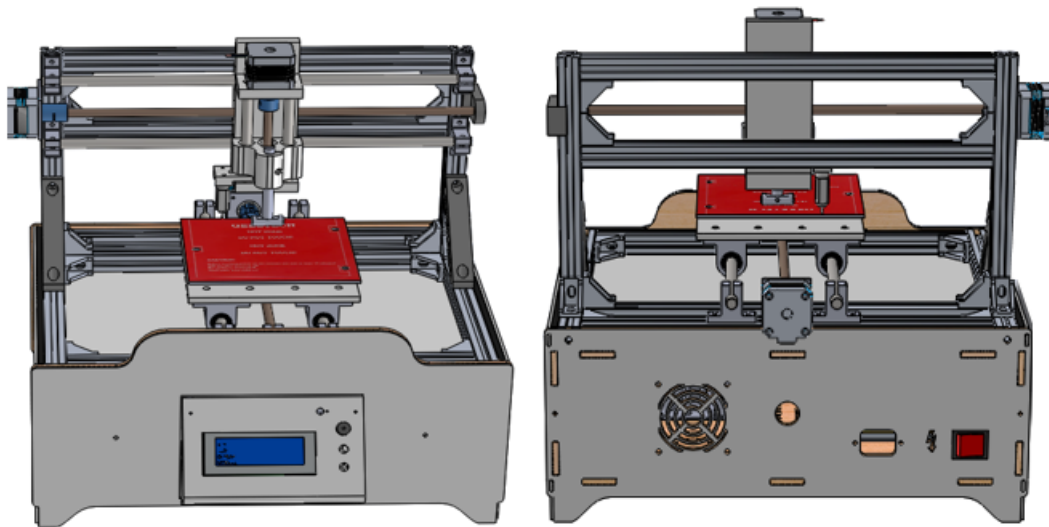
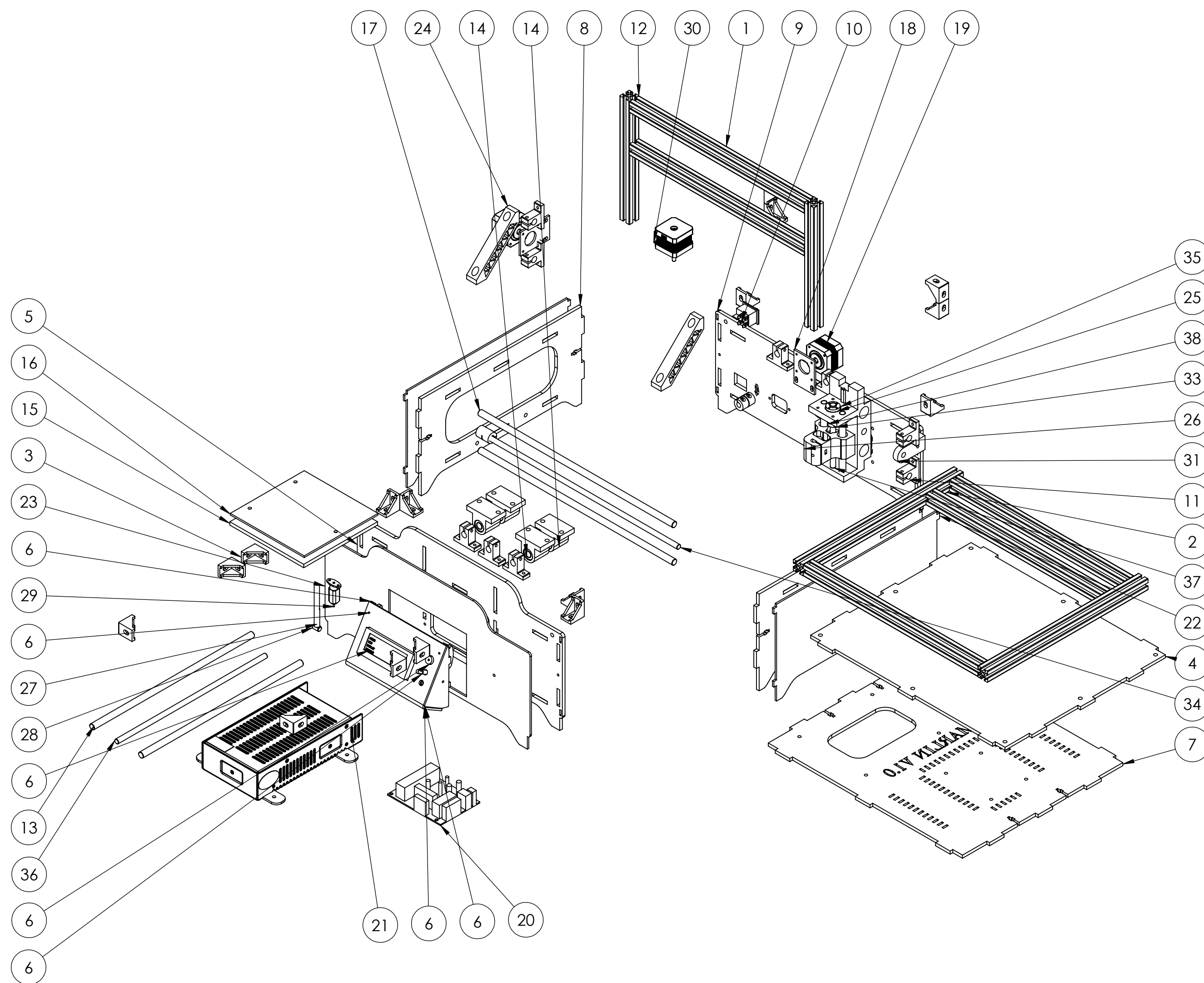


Figura 4.72: Vista del frente y posterior del sistema de impresión Final.
Fuente: El autor

4.7. Implementación del prototipo.

En esta sección se detalla cada uno de los pasos que se realizó para la construcción del sistema de impresión, en el siguiente plano se muestra todas las partes de la cual está conformada el sistema de impresión final, hay que resaltar que cada subsistema tiene actividades que se realizan de manera paralela.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	perfil 36cm	5
2	perfil 33cm	2
3	acople piezas	16
4	BASEP1	1
5	TAPA FRONTALP1	1
6	LCD ENSAMBLE	1
7	BASE_INFERIOR	1
8	LATERAL	2
9	TAPA TRASERA	1
10	switch	1
11	ACOPLE EJES 10	9
12	perfil 22cm	2
13	EJE 8 33	2
14	rodamiento con cajetin	4
15	estructura cama caliente	1
16	cama caliente	1
17	EJE 10 40	2
18	acople motor	2
19	JLB Stepper Motor 17HS1352-P4130	2
20	placa	1
21	fuelle	1
22	tapa lateral acrílico	2
23	tapa frontal acrílico	1
24	perfil impreso	2
25	CABEZAL	1
26	MORDAZA	1
27	EJE	1
28	RODILLO	1
29	BL-touch	1
30	Nema 17 Stepper Motor length 34mm	1
31	acople varilla roscada	1
32	Ensamblaje 1 IMPRESORA COMPLETA	1
33	Acople motor-eje 5x8mm	3
34	eje roscado 8mm	1
35	tuerca_m8	1
36	eje roscado 8mm plano Y	1
37	eje roscado 8mm plano Z	1
38	EJE 8 33 plano Z	2



MATERIAL:	MDF, ACRÍLICO, ALUMINIO, IMPRESIÓN 3D, METAL
DENOMINACIÓN:	PLANO COMPLETO DEL SISTEMA DE IMPRESIÓN
CANTIDAD:	1 ESCALA: 1:5
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL UTA-FISE	
A2	

FECHA:	26/07/2018
DISEÑADO:	O. Llamba
REVISADO:	Ing. S. Altamirano
CARRERA:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones
 SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPÓSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMÉRICOS	

4.7.1. Diagrama de construcción.

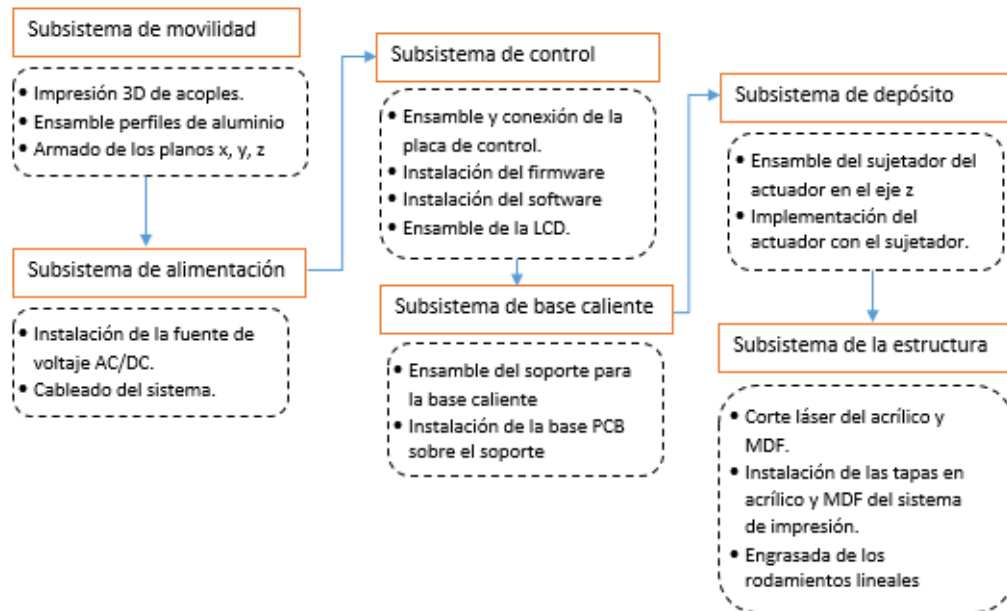


Figura 4.73: Proceso de construcción del sistema de impresión

Fuente: El autor

4.7.2. Construcción del subsistema de movilidad.

4.7.2.1. Corte de perfiles de aluminio.

Para la construcción del subsistema de movilidad se emplearon perfiles de aluminio los cuales son muy livianos y estructuralmente muy resistentes, se emplea como base y soporte del sistema de impresión debido que soporta una gran estabilidad al momento de realizar algún movimiento, estos perfiles son la parte integral del sistema de impresión.

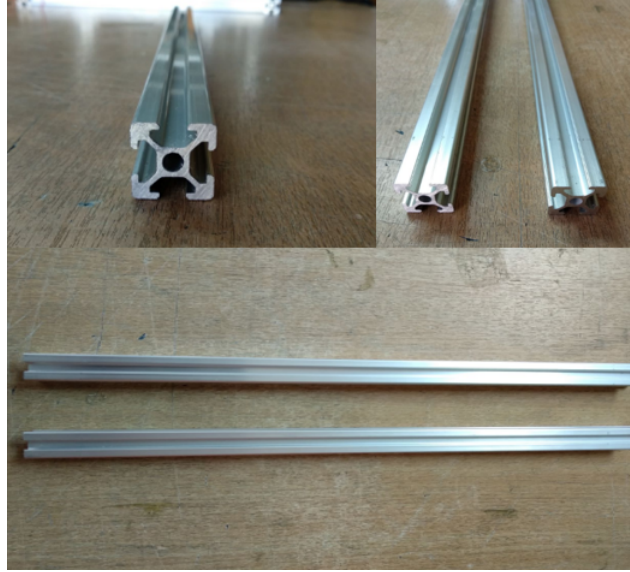


Figura 4.74: Perfiles de aluminio cortados
Fuente: El autor

Estos perfiles fueron cortados de tres diferentes dimensiones: 5 perfiles de 360mm para los ejes horizontales (X), 2 perfiles de 220mm para los parantes o ejes Z y dos perfiles de 330mm para los ejes Y

4.7.2.2. Impresión 3D de acoples.

Para los acoples realizados en impresión 3D se consideró los elementos que no fueron fáciles de encontrar y a los que se tuvieron que estar realizando modificaciones constantes como es el caso de los acoples para los tornillos sin fin, soportes para el eje Z y sobre todo el acople para el actuador, en la fig.4.75 se muestran las piezas que se imprimieron en 3D, para reducción de costos se selecciono como materia prima de impresión el PLA (Ácido poliláctico) este material tienen una gran resistencia siempre y cuando se imprima con la densidad adecuada las piezas.

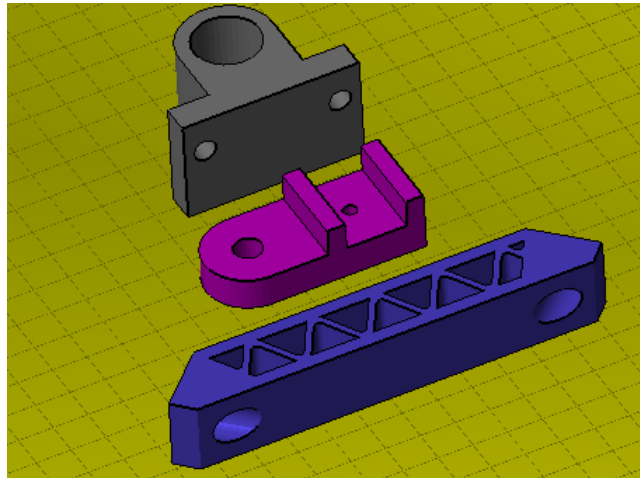


Figura 4.75: Archivos 3D a imprimir en formato STL.
Fuente: El autor

Una vez generado y corregido las fallas de diseño en los archivo STL (Standard Triangle Language), se procedieron a realiza la impresión en 3D para ello el software encargado de la generación del código G es MatterControl como se muestra en la fig.4.76.

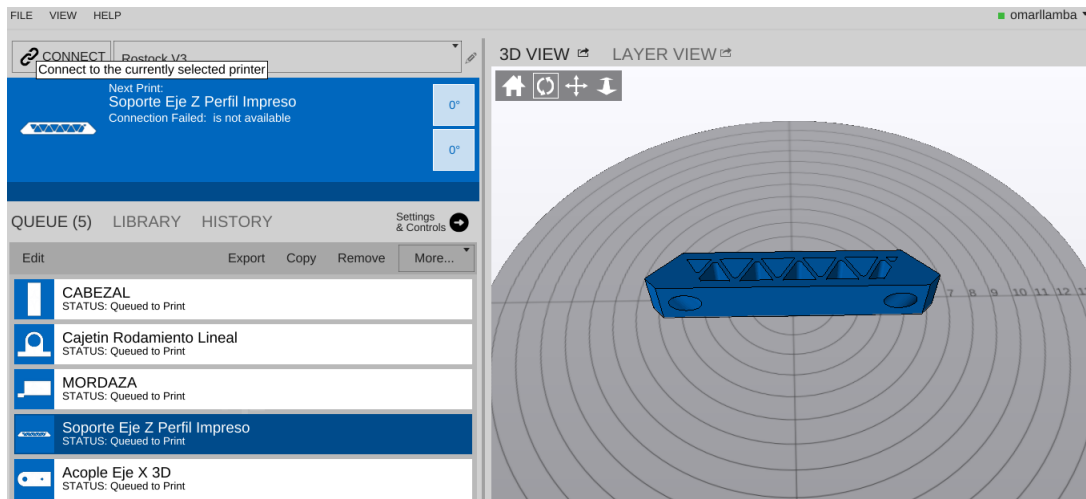


Figura 4.76: Piezas para impresión 3D en MatterControl.
Fuente: El autor

Hay que resaltar que antes de obtener la pieza impresa final, se realizaron varias pruebas con el relleno, los perímetros y tolerancias de las piezas impresas en 3D para que no generen problemas al momento del ensamble final, en la tabla.4.107 se muestra las configuraciones que se utilizaron en MatterControl.

Tabla 4.107: Configuraciones para impresión 3D en MatterControl

<i>Configuraciones</i>	<i>Características</i>
Altura de capa	0.2 mm
Perímetros	3
Relleno	30 %
Tipo de relleno	Malla
Velocidad de impresión	60 mm/s
Temperatura extrusor y base	230°C y 60°C

Fuente: El Autor

Como resultado final se tiene todas las piezas impresas con la misma densidad de material, hay que resaltar que los colores del material que se utilizó fueron seleccionado de manera que el sistema de impresión quede estéticamente bien, en la fig.4.77 se tiene una pieza “Soporte eje Z” la cual fue diseñada, renderizada e impresa en color plomo.

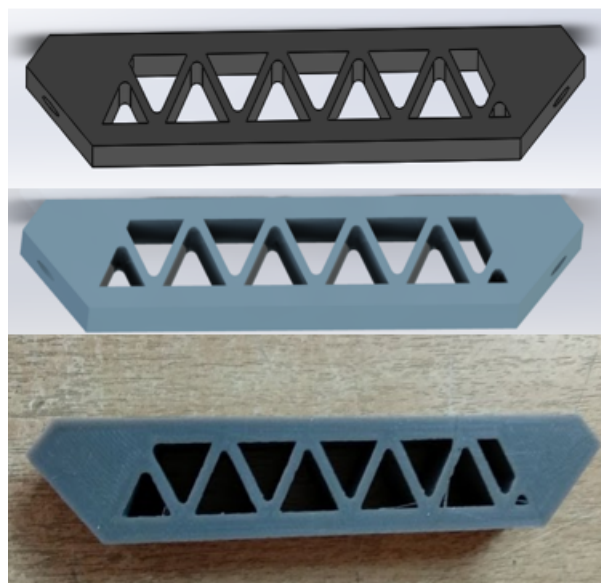


Figura 4.77: Soporte eje Z diseñada, renderizada e impresa 3D en color plomo

Fuente: El autor

4.7.2.3. Ensamble del subsistema de movilidad.

Para el ensamble se utilizaron las piezas en aluminio e impresión 3D que ya fueron seleccionadas y otros elementos necesarios para sujetar todas la estructura del sistema de impresión, en la tabla.4.109 se detallan todos los elementos empleados.

Tabla 4.109: Elementos para el ensamble del subsistema de movilidad

<i>Elementos</i>	<i>Tipo de material</i>	<i>Cantidad</i>
Perfiles cuadrados	Aluminio	9
Ejes lisos 10mm	Acero Inoxidable	6
varillas roscadas	Acero Inoxidable	3
Acoples para ejes lisos 10mm	Aluminio	8
Acoples para perfiles	Aluminio	18
Acoples de motor a tonillo sin fin	Aluminio	3
Tuerca de para tornillo sin fin	Cobre	3
Soporte para varilla roscada	Impresión 3D	2
Rodamientos de bolas 608ZZ	Acero	6
Rodamientos lineales LM8LUU	Acero con cojinete de cromo	8
Acople para LM8LUU	Impresión 3D	4
Soporte para ejes vertical	Impresión 3D	2
Soporte para eje Z	Impresión 3D	1
Soporte para base caliente	MDF	1
Motores nema 17	—	3
Tornillos y tuercas	Acero	+30

Fuente: El Autor

Con todos los materiales se procede armar todo el sistema de movimiento, hay que resaltar que parte del cableado en este caso de los motores también se realizó paralela al ensamble de los perfiles.

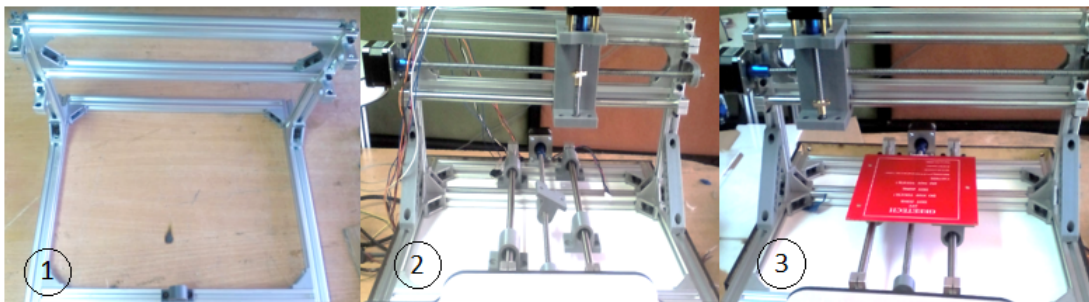


Figura 4.78: Estructura del subsistema de movilidad

Fuente: El autor

4.7.2.4. Construcción del subsistema de alimentación.

Para está construcción se utilizó elementos previamente ya seleccionados como es el caso de la fuente de poder (alimentación), en la fig.4.79 se muestra la ubicación de la fuente en la base de la estructura que en este caso es MDF, fue necesario dejar colocado el switch de activación y el conector para el cable de poder.

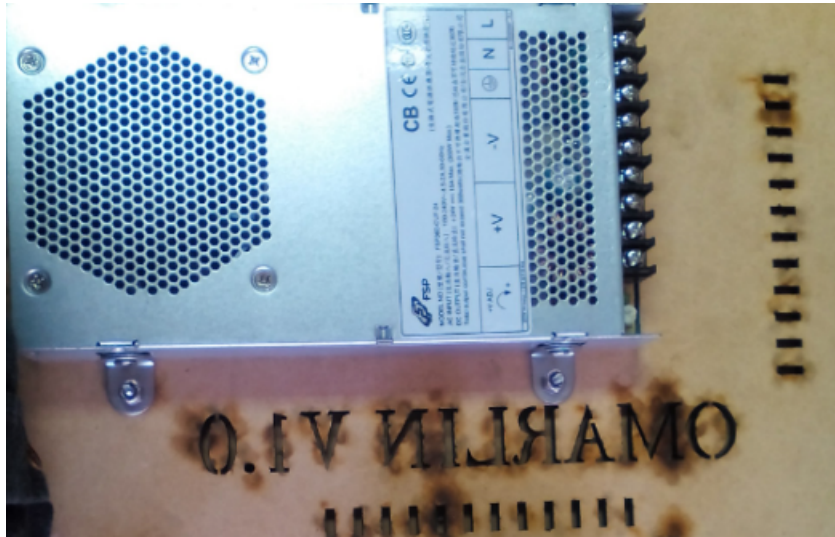


Figura 4.79: Fuente puesta en la base del sistema de impresión.
Fuente: El autor

Para el cableado general de la fuente de poder se empleo cable gemelo Awg 2x22 que soporta temperaturas de mayores a 60°C y voltajes de 300v, además de ello cada salida de cable fue estañada y aislada con termocontraible para evitar futuros cortos circuitos, para que los cables no queden sueltos y luego generen problemas en el sistema de impresión se utilizó tubo en espiral para organizar cables, en la fig.4.80 se puede observar todos estos elementos debidamente colocados.



Figura 4.80: Fuente puesta y cableada en la base.
Fuente: El autor

4.7.2.5. Construcción del subsistema de control.

En esta sección al igual que en la anterior se emplea cable gemelo Awg 2x22, y cables flexibles para la conexión de motores, sensores y actuadores, cada sección de cable utiliza sus propios conectores para facilitar la identificación del mismo en caso de fallas o desconexiones.

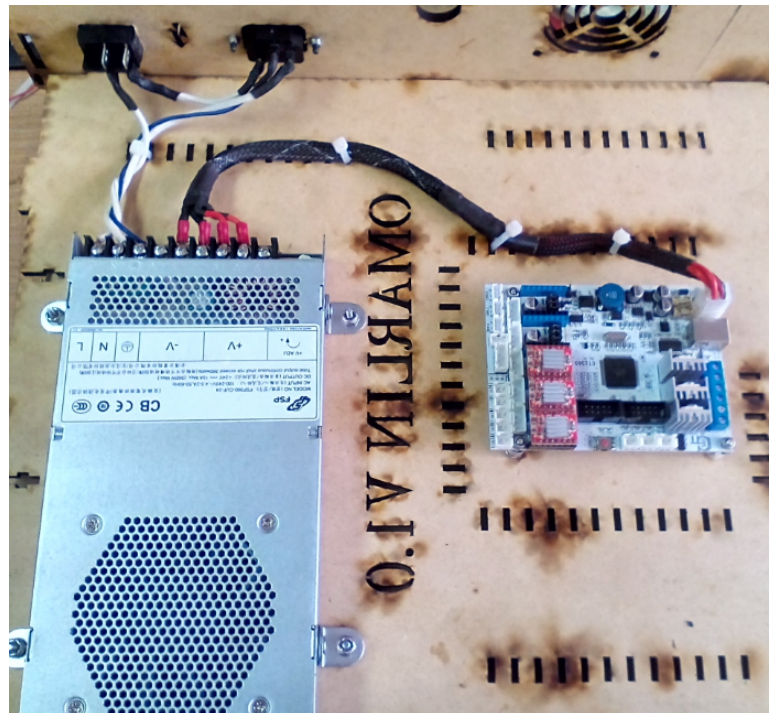


Figura 4.81: Construcción del subsistema de control
Fuente: El autor

4.7.2.6. Corte y ensamble de la estructura para LCD.

Las piezas para la LCD fueron cortadas en planchas de Acrílico 60x40cm el color es blanco lechos de espero 3,3mm dimensiones 60x40cm, se optó por ese color para que estéticamente se vea bien. Las potencias de corte así como las velocidades se muestran en la tabla.4.111.

Tabla 4.111: Configuraciones para corte de acrílico blanco 3,3mm

<i>Configuraciones</i>	<i>Características</i>
Potencia máxima en %	85
Potencia mínima en %	80
Velocidad en mm/s	6

Fuente: El Autor

Al completar con los parámetros para el corte láser se exporta los archivos diseñados previamente en formato DXF para que sean cortados, en la fig.4.82 se muestran todos los archivos que fueron utilizados para el corte en acrílico blanco lechoso.

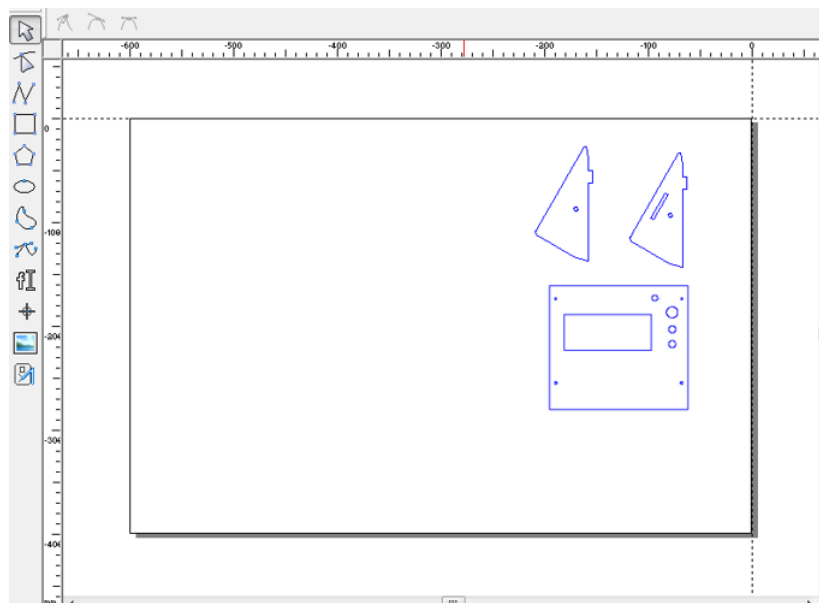


Figura 4.82: Archivos de la LCD en formatos DXF para corte en acrílico.
Fuente: El autor

Una vez completo la estructura de la LCD se procede a realizar el ensamble directamente donde la pantalla LCD ya es colocada directamente con sus dos buses de comunicación a la tarjeta GT2560 respectivamente.



Figura 4.83: Ensamble de la estructura para LCD
Fuente: El autor

Además en la parte del control se utilizó el firmware y software específicamente para el sistema de impresión, todos los pasos necesarios para la instalación ya fueron

explicados previamente en las secciones 4.7.2 y en la 4.7.3, pero hay que resalta en la parte de software se creo un nuevo perfil para nuestro sistema de impresión (**omarlin**), el cual se puede acceder fácilmente a las configuraciones realizadas desde otra computadora con conexión a Internet sin la necesidad de estar exportando nuevamente todas las configuraciones ya modificadas.

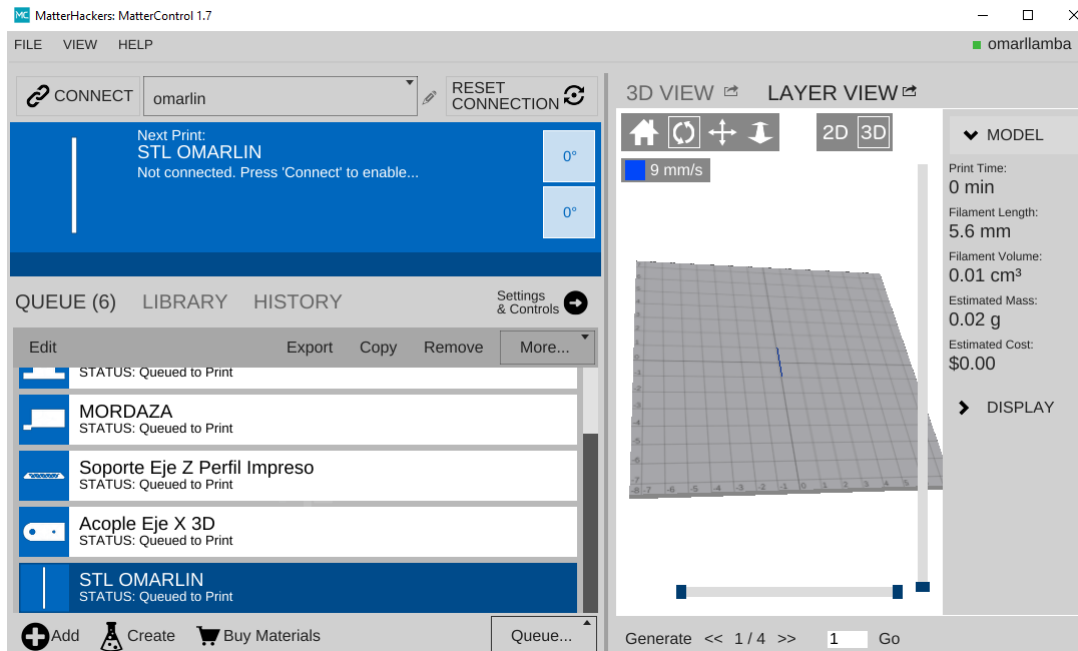


Figura 4.84: Creación del nuevo perfil omarlin para el sistema de impresión.

Fuente: El autor

Una vez creado un nuevo perfil se modificaron parámetros como velocidad, área de impresión y temperatura en la tabla.4.103 se muestra los parámetros que fueron configurados en el nuevo perfil, estos parámetros si pueden ser modificados posteriormente de acuerdo a las necesidades del usuario.

4.7.3. Construcción del subsistema de base caliente.

4.7.3.1. Corte en MDF y ensamble del subsistema de base caliente.

Todas las piezas en MDF en general fueron cortadas en un máquina láser de dimensiones 60x40cm, para ello se seleccionó MDF blanco de 5,5 mm, se optó por ese color para que estéticamente se vea bien. Las potencias de corte así como las velocidades se muestran en la tabla.4.113 además se considera que la plancha de MDF no es totalmente plana por dichos motivos la potencia de corte es un poco alta.

Tabla 4.113: Configuraciones para corte de acrílico blanco 5,5mm

<i>Configuraciones</i>	<i>Características</i>
Potencia máxima en %	75
Potencia mínima en %	70
Velocidad en mm/s	15

Fuente: El Autor

Con los parámetros de corte perfectamente configurados se procede a cortar los archivos realizados en DXF ver la fig.4.85 donde se muestran el archivo que fue cortado en láser.

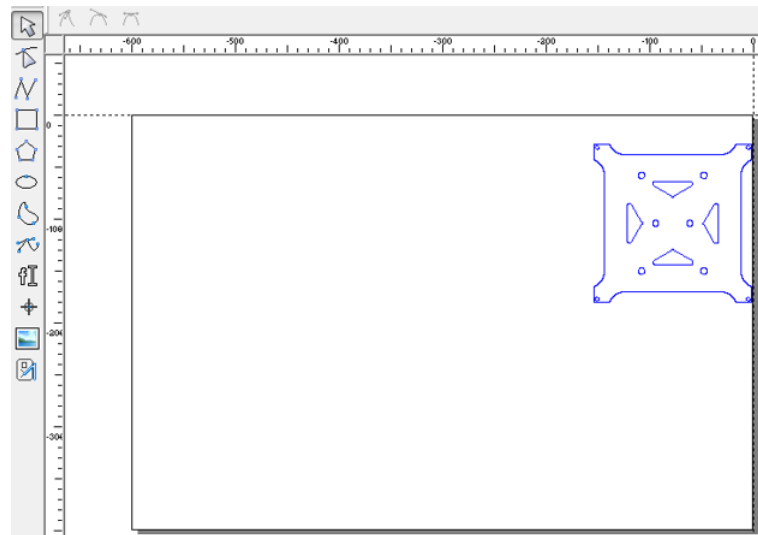


Figura 4.85: Archivo de la base en formatos DXF para corte en MDF.

Fuente: El autor

Al tener todos los elementos listos para la construcción se empleó una base resistiva PCB, la cual fue fácil encontrar una comercial debido que cumple todas las características necesarias para el sistema de impresión en este caso se utilizó el de una impresora 3D ver fig.4.86 en el capítulo 4.4.3.1 y la tabla.4.23 se explica todas las características de la base caliente Mini Square PCB.

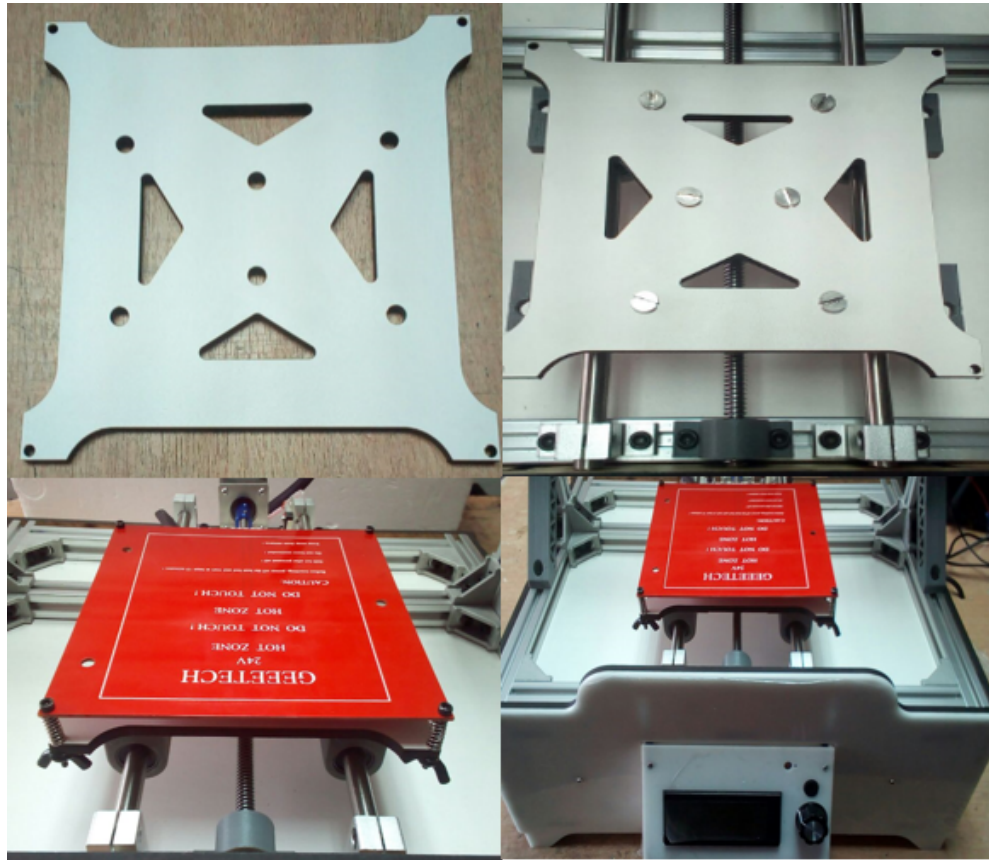


Figura 4.86: Construcción de base caliente PCB.

Fuente: El autor

4.7.4. Construcción del subsistema de depósito.

Para la construcción del sistema de depósito se trabajó con la impresión 3D como elemento de sujeción y como elemento principal o actuador como se mencionó en el capítulo 4.4.2 se utiliza actuador tipo rodillo

4.7.4.1. Impresión 3D de soportes para actuador.

Estas piezas principalmente se realizaron en impresión 3D debido que era necesario hacer varias pruebas para que el actuador quede bien acoplado, para ello el material que se utilizó fue el PLA debido que el actuador no ejercer mucha fuerza ni presión en el eje, donde el material funciona correctamente además con el relleno adecuado se tiene una pieza muy resistente en la fig.4.87se muestran las piezas en ha imprimir en formato STL.

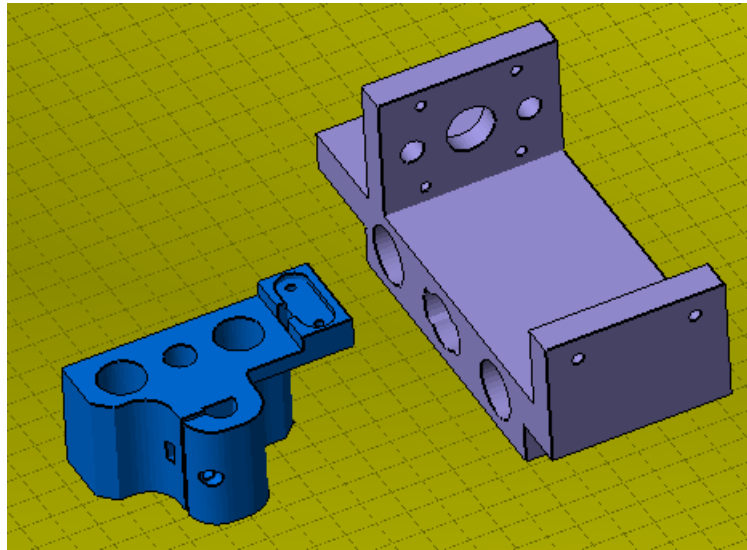


Figura 4.87: Archivos 3D del actuador para imprimir en formato STL.
Fuente: El autor

Una vez corregido todas las fallas posibles del formato 3D, se procede a realizar la impresión de los dos elementos, las configuraciones para la impresión son las mismas que se utilizaron para los acoples del sistema de impresión, en la Rostock Max V3 ver tabla.4.107

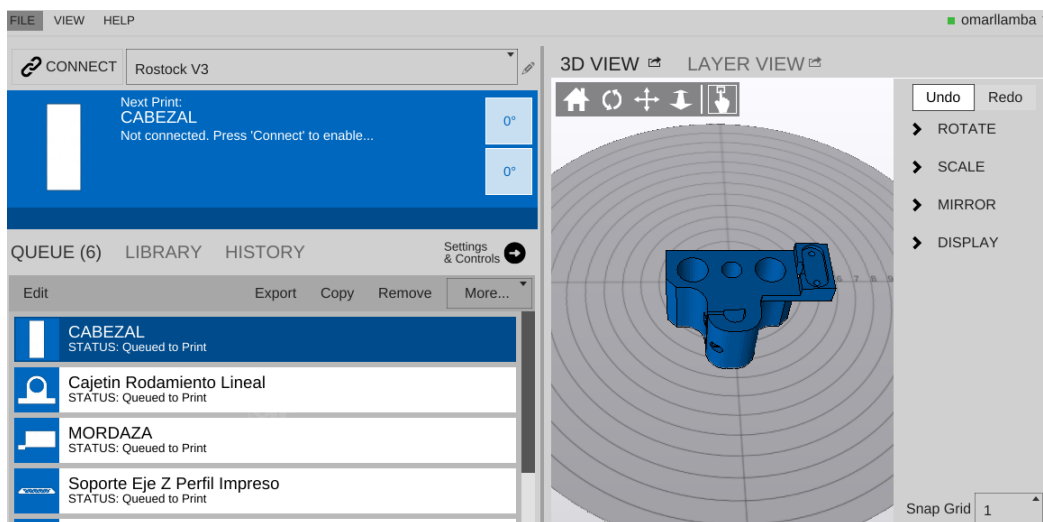


Figura 4.88: Pieza para impresión 3D en MatterControl.
Fuente: El autor

Las piezas fueron impresas con soportes ver fig.4.89 y por dichos motivos fueron lijadas previamente hasta obtener el resultado adecuado para ser ensamblado con el sistema de depósito.

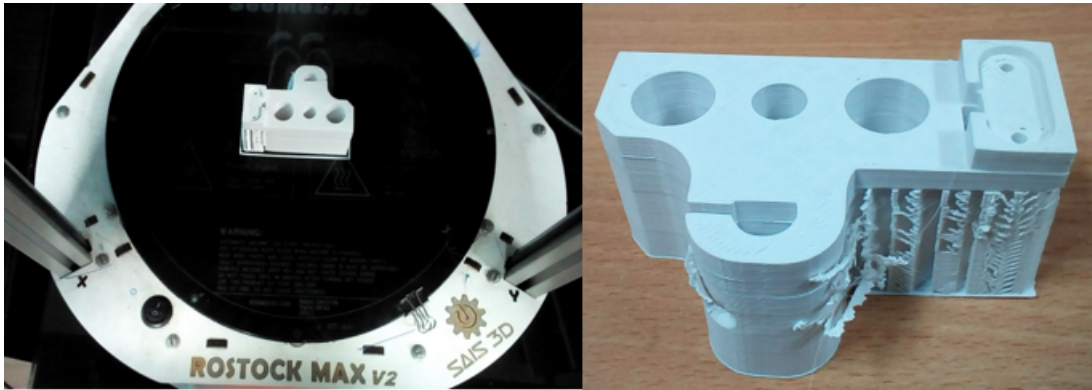


Figura 4.89: Pieza impresa en 3D con filamento PLA.
Fuente: El autor

4.7.4.2. Maquinado del actuador.

Para el maquinado del actuador se hizo uso del acero Acero Inoxidable como se muestra en el capítulo 4,8 este material es óptimo para el trabajo deseado además en la tabla.4.105 se especifica cada una de las características de este material.

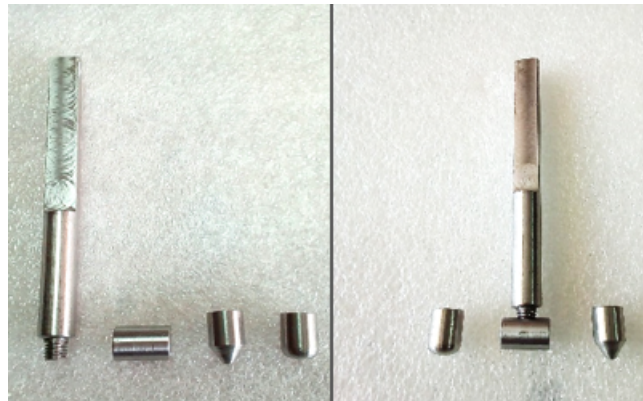


Figura 4.90: Maquinado del actuador tipo Rodillo
Fuente: El autor

4.7.4.3. Ensamble del subsistema de depósito.

Una vez obtenidas todas las piezas para el ensamble, se procede a seleccionar cada elemento para ser acoplado, en la tabla.4.115 se especifica cada uno de los elemento necesarios para el ensamble.

Tabla 4.115: Elementos para el ensamble del subsistema de depósito

<i>Elementos</i>	<i>Tipo de material</i>	<i>Cantidad</i>
Soportes para actuador	Impresión 3D	2
Sensor BL Touch	—	1
Actuador	Acero Inoxidable	1
Tornillos y tuercas	Acero	+10

Fuente: El Autor

Al tener cada elemento listo se procede ensamblar todo el actuador por completo formando así el sistema de depósito, cabe resaltar que los ejes horizontales ya colocados hay que volver a sacarlos para poder ingresar el sistema de depósito de manera horizontal.

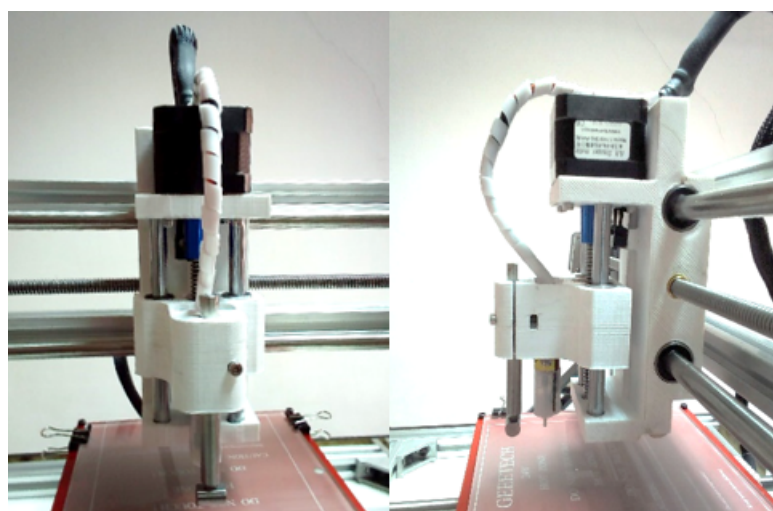


Figura 4.91: Mecanismo de depósito ensamblado por completo.

Fuente: El autor

4.7.5. Construcción del subsistema de estructura.

La construcción de este subsistema es el complemento de los anteriores debido que ya se fueron acoplado en paralelo toda la estructura mientras se realizaba en ensamble de los demás mecanismos, en este caso se enfoca más en la partes de la base del sistema de impresión debido que se necesita una estructura que proteja a todos los elementos electrónicos y además de eso se tenga una base fija para el sistema de impresión, para ello se realiza los siguientes procedimientos:

4.7.5.1. Cortes de la estructura en MDF.

Para el corte láser del MDF ya se utiliza las mismas potencias ya configuraras que se puede visualizar en la tabla.4.113 para ello los archivos en formato DXF se puede visualizar en la fig.4.92 todos cortados en MDF blanco de 5,5 mm.

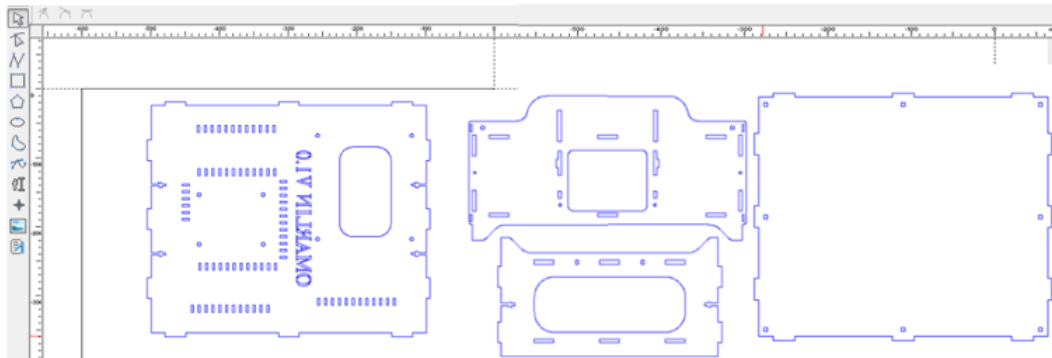


Figura 4.92: Archivos en formatos DXF para corte en láser del MDF.
Fuente: El autor

Una vez obtenidas todas las partes en MDF se procede a armar cuidadosamente la parte de la base debido que esta es uno de los pilares fundamentales del sistema de impresión en la fig.. se observa las tres etapas para el ensamble del sistema de impresión con MDF.

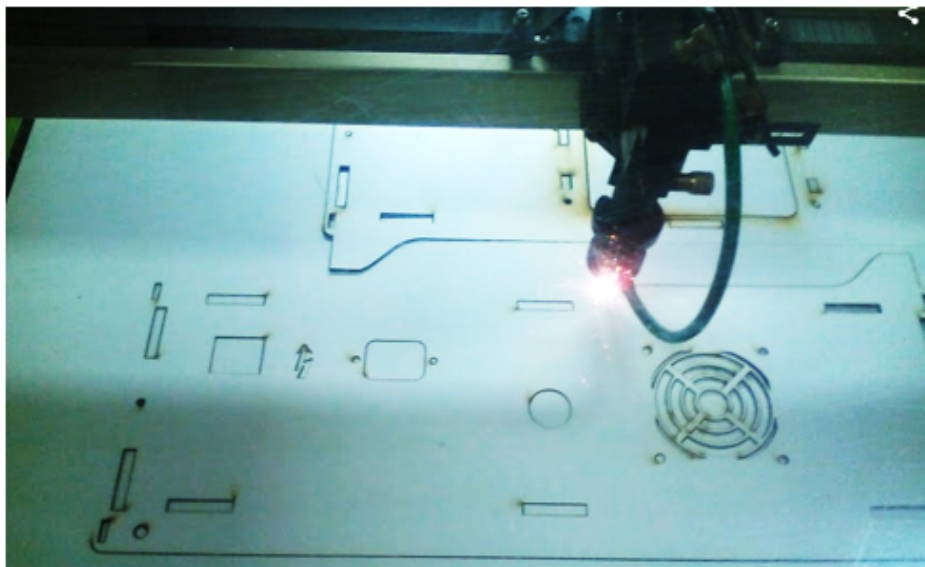


Figura 4.93: Piezas realizadas en MDF para el sistema de impresión omarlin.
Fuente: El autor

4.7.5.2. Cortes de la estructura en acrílico.

Para ello se seleccionó Acrílico blanco lechoso de 5,5 mm las velocidades y potencias ya se mostraron previamente en la tabla.4.111 los archivos al igual que en el anterior se guardan en formato DXF, en la fig.4.94 se muestra todas las piezas que fueron necesarias cortar en la máquina láser.

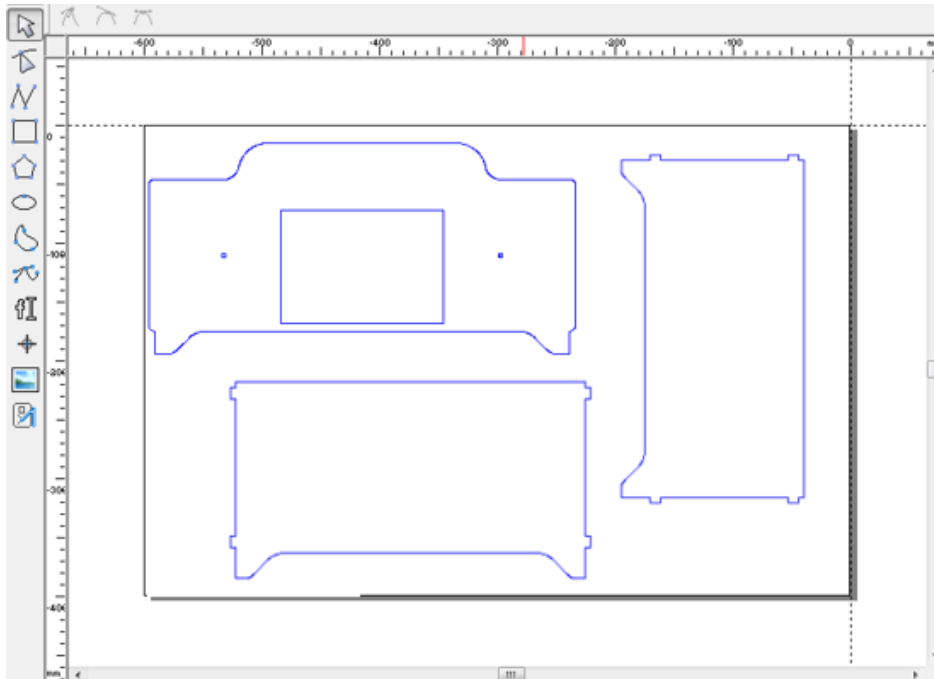


Figura 4.94: Archivos en formatos DXF para corte en láser del Acrílico.

Fuente: El autor

Al obtener las piezas en acrílico (tapas) se procede a armar la parte final del sistema de impresión, éstas tapas en blanco lechoso se realizaron más con el objetivo de cubrir los cortes en láser del material MDF y ganar un visualización estéticamente buena del sistema de impresión.

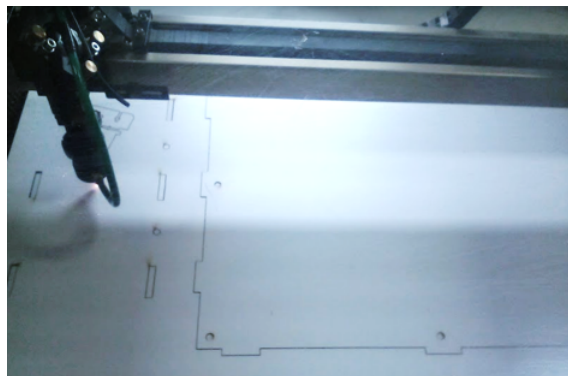


Figura 4.95: Piezas realizadas en acrílico para el sistema de impresión omarlin.

Fuente: El autor

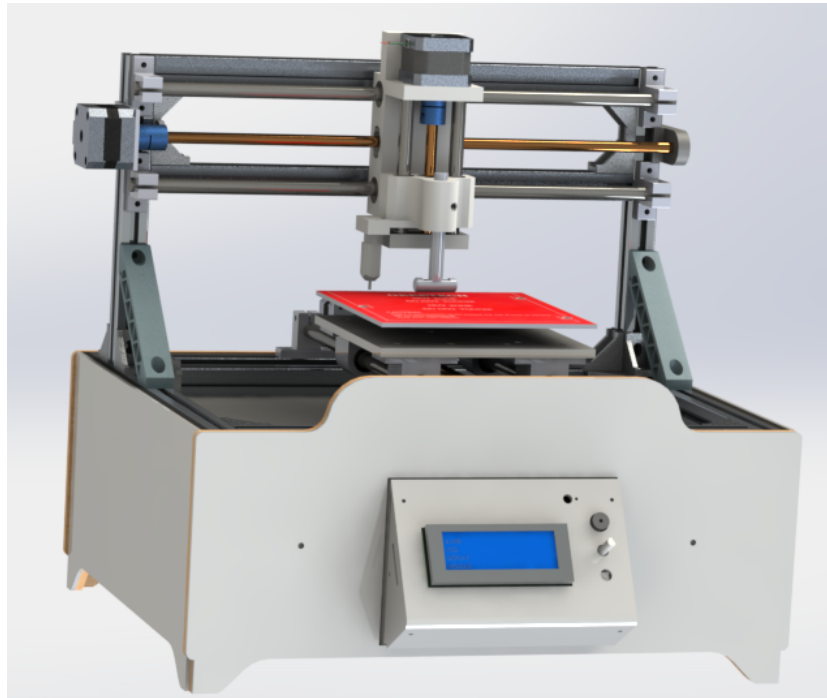


Figura 4.98: Ensamble final del sistema de impresión Renderizado (CAD).
Fuente: El autor

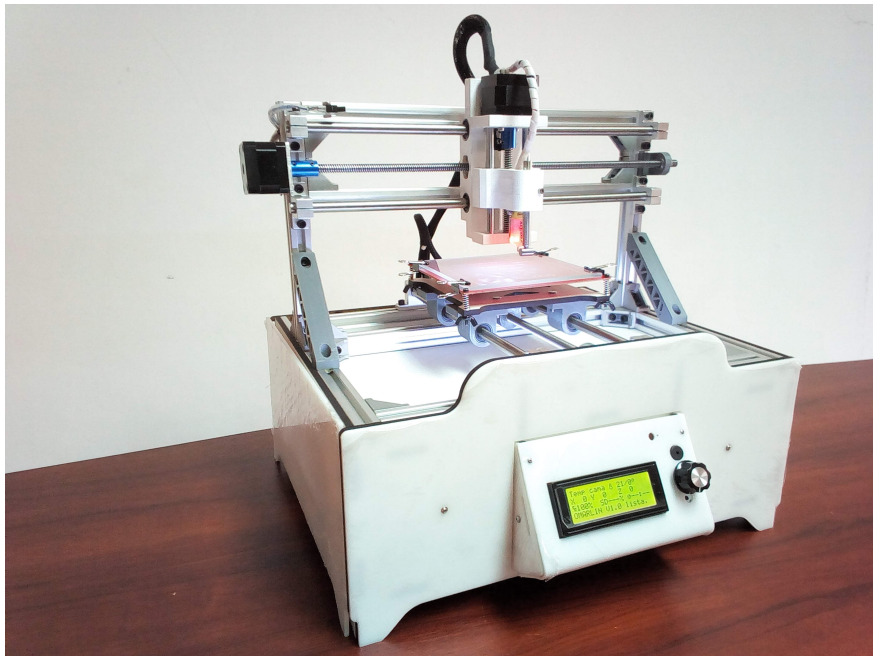


Figura 4.99: Ensamble final del sistema de impresión (Armado físico).
Fuente: El autor

CAPÍTULO 5

Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. Conclusiones

- Al conocer todas las características de los cuales está constituido un semiconductor orgánico se seleccionó el mejor proceso para que el material semiconductor sea depositado en este caso un actuador tipo rodillo de acero inoxidable que impide la pérdida de propiedades del material, todo esto acoplando mecanismo de impresiones que ya fueron creados.
- Para la creación de un nuevo sistema de impresión se diseñó una máquina basada en un robot cartesiano por su versatilidad y fácil manejo donde este se encarga de depositar semiconductores orgánicos los cuales son embebidos en materiales de polímero.
- Trabajando con software y hardware libre se desarrolló el sistema de impresión con un control de movimiento para el actuador tipo rodillo en los planos X,Y, Z, además este sistema cuenta con un control PID de temperatura en la base donde se deposita el semiconductor orgánicos, ayudando así que el material se cristalice y se forme el semiconductor.
- El material semiconductor fue depositado en un vidrio fino denominado TIPS-Pentance que permitió que el semiconductor se cristalice a temperatura de 105°C, esto fue evidenciado mediante varias pruebas realizadas y visualizadas en microscopios con ampliación de imagen de hasta 200x.

5.2. Recomendaciones

- Es necesario trabajar con sistemas de movimientos que sean estables como es el caso de los tornillos sin fin o a su vez husillo de bolas, esos elementos permiten tener una mayor precisión en el desplazamiento de los planos evitando fallas en el depósito.

- Se recomienda utilizar configuraciones de impresoras 3D cartesianas en la parte del software, para facilitar el control del sistema de impresión.
- El sistema de impresión también puede ser utilizado como una impresora 3D, simplemente hay que acoplar en la parte del actuador un extrusor que permita el depósito del material.
- La máquina siempre debe estar conectada a un regulador de voltaje para evitar que sobre cargas y que la tarjeta de control de eche a perder.
- Al comenzar ha utilizar el sistema de impresión se debe asegurar que el actuador se encuentre correctamente colado para evitar que se genere problemas con la calibración automática.
- Es recomendable que la máquina sea asentada en una base bien fija para evitar vibraciones al momento del desplazamiento de los ejes debido que esto puede afectar en gran parte al depósito del material.
- Los ejes de desplazamiento siempre se deben limpiar después de cada uso para evitar que los rodamiento lineales se atasquen en un futuro, para ellos también es recomendable poner aceite en todos los ejes lisos y los tornillos sin fín.

Bibliografía

- [1] B. Lüssem, M. Riede, and K. Leo, *Doping of organic semiconductors*, 2013, vol. 210, no. 1. [Online]. Available: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_{ }q=RN:44035431
- [2] B. Kang, W. H. Lee, and K. Cho, “Recent advances in organic transistor printing processes,” *ACS Applied Materials and Interfaces*, vol. 5, no. 7, pp. 2302–2315, 2013. [Online]. Available: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/am302796z>
- [3] F. G. Del Pozo, *Coating Engineering Of Composite Materials For Organic Field-Effect Transistors.*, 2014, vol. I. [Online]. Available: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/1783>
- [4] A. García and D. Antonio, “Departamento de ciencias de la energía y mecánica,” 2017. [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/12801/T-ESPE-053788.pdf?sequence=1{&}isAllowed=y>
- [5] K. Fu, Y. Yao, J. Dai, and L. Hu, “Progress in 3D Printing of Carbon Materials for Energy-Related Applications,” *Advanced Materials*, vol. 1603486, p. 1603486, 2016. [Online]. Available: <http://doi.wiley.com/10.1002/adma.201603486>
- [6] T. Schmaltz, G. Sforazzini, T. Reichert, and H. Frauenrath, “Self-Assembled Monolayers as Patterning Tool for Organic Electronic Devices,” *Advanced Materials*, p. 1605286, 2017. [Online]. Available: <http://doi.wiley.com/10.1002/adma.201605286>
- [7] L. Ding, J. Zhao, Y. Huang, W. Tang, S. Chen, and X. Guo, “Flexible-blade Coating of Small Molecule Organic Semiconductor for Low Voltage Organic Field Effect Transistor,” *IEEE Electron Device Letters*, vol. 1, no. c, pp. 1–1, 2017.

- [8] Y. He, Y. Wu, J. Z. Fu, Q. Gao, and J. J. Qiu, “Developments of 3D Printing Microfluidics and Applications in Chemistry and Biology: a Review,” *Electroanalysis*, vol. 28, no. 8, pp. 1658–1678, 2016.
- [9] Y. Soliman, A. H. Feibus, and N. Baum, “3D Printing and Its Urologic Applications.” *Reviews in urology*, vol. 17, no. 1, pp. 20–4, 2015. [Online]. Available: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4444770&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- [10] M. C. Garcia, “Estudio Experimental in Vitro De La Fiabilidad De Distintas Técnicas De Impresión En Implantología,” pp. 1–138, 2010. [Online]. Available: <http://eprints.ucm.es/11576/>,2017.
- [11] J. G. Odremán, “Impresión 3D en la Industria: Un acercamiento a la tecnología y su influencia en la Industria Petrolera,” vol. 18, no. 73, pp. 166–180, 2014. [Online]. Available: http://www.scielo.org/ve/scielo.php?pid=S1316-48212014000400003&script=sci_abstract&tlng=es.
- [12] A. Braren and J. Linker, “3D Printing,” no. March, 2017. [Online]. Available: <https://maker.tufts.edu/handbooks/3d-printing>
- [13] B. C. Gross, J. L. Erkal, S. Y. Lockwood, C. Chen, and D. M. Spence, “Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences,” *Analytical Chemistry*, vol. 86, no. 7, pp. 3240–3253, 2014. [Online]. Available: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac403397r>{%}5Cnfile://Files/D7/D7AA1274-2204-446F-B48B-3B141B3F843F.pdf{%}5Cnpapers3://publication/doi/10.1021/ac403397r
- [14] N. Chantarapanich, P. Puttawibul, K. Sitthiseripratip, S. Sucharitpwatskul, and S. Chantawerod, “Study of the mechanical properties of photo-cured epoxy resin fabricated by stereolithography process,” *Songklanakarín Journal of Science and Technology*, vol. 35, no. 1, pp. 91–98, 2013. [Online]. Available: <http://rdo.psu.ac.th/sjstweb/journal/35-1/35-1-91-98.pdf>
- [15] L. Duddleston, “Polyamide (Nylon) 12 Powder Degradation During The Selective Laser Sintering Process,” 2015. [Online]. Available: https://pec.engr.wisc.edu/Assets/Theses/Duddleston{}_Lukas/MSThesisLukasDuddleston.pdf
- [16] W. Levasseur, “3D Printing Filaments,” *RotorDroneMag*, pp. 1–5, 2015. [Online]. Available: http://www.rotordronemag.com/wp-content/uploads/2015/02/3d-Printing{}_FINAL.pdf

- [17] K. Sugave and A. Gore, “3D Printing & Pharmaceutical Manufacturing: Opportunities and Challenges,” no. 1, pp. 4723–4738, 2015. [Online]. Available: <http://ijppr.humanjournals.com/wp-content/uploads/2015/12/13.Bhusnure-O.G.-Gholve-S.V.-Dongre-R.C.-Munde-B.S.-Tidke-P.M..pdf>
- [18] R. Desai, “3D PRINTING,” 2017. [Online]. Available: <http://drrajivdesaimd.com/2017/06/26/3d-printing/>
- [19] F. Thewihsen, S. Karevska, A. Czok, C. Jones-Pateman, and D. Krauss, “If 3D printing has changed the industries of tomorrow , how can your organization get ready today ?” p. 24, 2016. [Online]. Available: <http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Accelerate{ }your{ }3D{ }technology{ }journey{ }in{ }oil{ }and{ }gas/{ }protect\T1\textdollar}FILE/ey-3dprinting-journey-oil-and-gas.pdf>
- [20] A. Ramya, “3D Printing Technologies in Various Applications,” *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, vol. 7, no. 3, pp. 396–409, 2016. [Online]. Available: <http://www.iaeme.com/IJMET/index.asp{% }5Cnhttp://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp{% }5Cnwww.jifactor.com{% }5Cnhttp://www.iaeme.com/currentissue.asp?JType=IJMET{% }&VType=7{% }IType=3>
- [21] R. Gordon, “3D Printing Materials Markets: 2014-2025 - Trends, Key Players and Forecasts,” p. 33, 2014. [Online]. Available: <http://www.3dprintingmaterialsconference.com/wp-content/uploads/2015/02/Rachel-Gordon-IDTechEx.pdf>
- [22] M. Cotteleer, J. Holdowsky, and M. Mahto, “The 3D opportunity primer: The basics of additive manufacturing,” *[Report]*, pp. 1–17, 2014. [Online]. Available: <http://dupress.com/articles/the-3d-opportunity-primer-the-basics-of-additive-manufacturing/>
- [23] W. Brütting, “Organic Semiconductors,” *Semiconductors*, vol. 6, no. 8, pp. 1–11, 2005. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1002/0471238961.1905130919090212.a01>
- [24] A. Kohler and H. Bassler, “Electronic Processes in Organic Semiconductors,” *WD info*, no. 2015, p. 390, 2003. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=GXemBgAAQBAJ{% }&pg=PA1{% }&lpg=PA1{% }dq={% }22absorb+light,+conduct+electricity+and+emit+light{% }22{% }&source=bl{% }&ots=2PmaoNlaES{% }&sig=>

ZKh0p1pvTZGqUQmtzisX0THEqj8{&}hl=es{&}sa=X{&}ved=0ahUKEwjSteWp2ZzXAhUE5CYKHTSIB{ }IQ6AEIKzAB{#}v=onepage{&}q={%}22abs

- [25] A. Mohammad Bagher, "Comparison of Organic Solar Cells and Inorganic Solar Cells," *International Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 3, no. 3, p. 53, 2014. [Online]. Available: <http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo.aspx?journalid=169&doi=10.11648/j.ijrse.20140303.12>
- [26] S. E. Root, S. Savagatrup, A. D. Printz, D. Rodriguez, and D. J. Lipomi, "Mechanical Properties of Organic Semiconductors for Stretchable, Highly Flexible, and Mechanically Robust Electronics," *Chemical Reviews*, vol. 117, no. 9, pp. 6467–6499, 2017. [Online]. Available: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.chemrev.7b00003>
- [27] J. Mohan, "Organic Semiconductors: Past, Present and Future," *Electronics*, vol. 3, no. 4, pp. 594–597, 2014. [Online]. Available: <http://www.mdpi.com/2079-9292/3/4/594/>
- [28] M. Shibata, Y. Sakai, and D. Yokoyama, "Advantages and disadvantages of vacuum-deposited and spin-coated amorphous organic semiconductor films for organic light-emitting diodes," *J. Mater. Chem. C*, vol. 3, no. 42, pp. 11 178–11 191, 2015. [Online]. Available: <http://xlink.rsc.org/?DOI=C5TC01911G>
- [29] F. Garnier, A. Yassar, R. Hajlaoui, G. Horowitz, F. Deloffre, B. Servet, S. Ries, and P. Alnot, "Molecular Engineering of Organic Semiconductors: Design of Self-Assembly Properties in Conjugated Thiophene Oligomers," *Journal of the American Chemical Society*, vol. 115, no. 19, pp. 8716–8721, 1993. [Online]. Available: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja00072a026?journalCode=jacsat>
- [30] A. Kohler, *Electronic Processes in Organic Semiconductor*, 2016. [Online]. Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9783527685172.ch1/summary>
- [31] NCERT, "Polymers y sus términos," *Chemistry Part II*, vol. 1, p. 438, 2013. [Online]. Available: <http://ncert.nic.in/ncerts/l/lech206.pdf>
- [32] C. Special, "The structure and function of," pp. 467–480, 2007. [Online]. Available: <https://studylib.net/doc/8610059/the-structure-and-function-of-deoxyribonucleic-acid--dna->

- [33] Geeetech, “Acrylic Geeetech Prusa I3,” 2017. [Online]. Available: <https://www.geeetech.com/acrylic-geeetech-prusa-i3-pro-b-3d-printer-diy-kit-p-917.html?zenid=cnriodpalpmpo6sgnhsn2r30p3>
- [34] C. Community, “R-CNC DIY CNC Mill with 3D Printed Parts,” 2017. [Online]. Available: <http://diy3dprinting.blogspot.com/2017/03/r-cnc-diy-cnc-mill-with-3d-printed-parts.html>
- [35] L. Dongguan Eastern Laser Tech Co., “ETD-1610 Model Double Head Laser Cutting Machine.” [Online]. Available: <http://www.etlaser.com/product/ETD-1610-model-double-head-laser-cutting-machine.html>
- [36] T. T. Star and M. Atef, “10 Things You Didn ’ T Know About Drones,” no. April, pp. 4–6, 2013. [Online]. Available: <http://www.unfpa.org/news/10-things-you-didn't-know-about-world's-population>
- [37] J. Boomstra, “Bowden Syringe Extruder.” [Online]. Available: <https://www.thingiverse.com/thing:31210>
- [38] Printspace3D, “3D Printing Processes,” 2017. [Online]. Available: <https://www.printspace3d.com/what-is-3d-printing/3d-printing-processes/>
- [39] Geeetech, “Mini Square PCB heatbed,” 2017. [Online]. Available: <http://www.geeetech.com/mini-square-pcb-heatbed-for-me-creator-p-877.html>
- [40] Geeetech, “MK2b heated,” 2018. [Online]. Available: <http://www.geeetech.com/mk2b-heated-bed-prusa-soldered-resistorleds-for-reprap-mendel-p-802.html>
- [41] Keenovo, “Keenovo Flexible Silicone,” 2018. [Online]. Available: <https://www.keenovo.com/products/silicone-heater.html>
- [42] Funtain, “Motores DC Funtain 42PA775,” 2018. [Online]. Available: <http://www.funtainmotor.com/>
- [43] Geeetech, “Motor Bipolar Nema 17,” 2018. [Online]. Available: <http://www.geeetech.com/nema-17-42-byg-shaftreversed-stepper-motor-p-908.html>
- [44] H. De, “Husillos de bolas,” vol. 1, p. 374, 2018. [Online]. Available: <http://www.rodacenter.cl/pdf/503LS{ }A15{ }BallScrew.pdf>
- [45] ElectroCrea, “Productos Banda dentada GT2 6mm.” [Online]. Available: <https://electrocrea.com/products/banda-dentada-gt2-2gt-6mm>

- [46] Geeetech, “Interruptor de parada Óptico.” [Online]. Available: <http://www.geeetech.com/opto-optical-endstop-end-stop-switch-p-682.html>
- [47] Dabbletron Labs, “Final de carrera mecánico.” [Online]. Available: <http://dabbletron.com/types-of-endstops/>
- [48] 3D Hall Shop, “ENDSTOP EFECTO HALL SET,” 2018. [Online]. Available: <https://www.3dprinters-shop.com/es/electronica/69-endstop-mecanico.html>
- [49] Bitbot 3D, “SENSOR 3D TOUCH AUTO NIVELADO,” 2018. [Online]. Available: <http://bitbot3d.com/3d-touch-leaving.html>
- [50] Campusseas, “Bloques de un sensor Inductivo,” 2018. [Online]. Available: <https://www.seas.es/blog/automatizacion/sensores-inductivos/>
- [51] RepRap, “Tarjeta Ramps 1.4,” 2018. [Online]. Available: <http://reprap.org/wiki/RAMPS{ }1.4/es/{#}F1{ }-{ }Fusible{ }MFR500>
- [52] UltiMachine, “Tarjeta RAMBo V1.3L,” 2018. [Online]. Available: <https://ultimachine.com/products/rambo-1-3>
- [53] O. Raspberrypi, “Raspberry Pi,” 2018. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/>
- [54] R. Geeetech, “Tarjeta Geeetech GT2560,” 2018. [Online]. Available: <https://www.geeetech.com/wiki/index.php/GT2560>
- [55] M. Reprap, Geeetech, Reprap, “Tarjetas controladoras de impresoras -Geeetech2560,” 2018. [Online]. Available: <http://www.geeetech.com/gt2560-3d-printer-controller-board-p-915.html>
- [56] R. & E. Pololu, “A4988 Stepper Motor Driver,” 2018. [Online]. Available: <https://www.pololu.com/product/2980/specs>
- [57] P. Robotic & Electronics, “DRV8825 Stepper Motor Driver,” 2018. [Online]. Available: <https://www.pololu.com/product/2982/specs>
- [58] S. Control, G, Reprap, “Pantalla del controlador inteligente Reprap LCD2004,” 2018. [Online]. Available: <http://www.geeetech.com/reprap-lcd2004-smart-controller-display-p-714.html>
- [59] T. Reprap, Ge, Cotrolador, “Pantalla del controlador inteligente Reprap LCD12864,” 2018. [Online]. Available: <http://www.geeetech.com/reprap-lcd12864-graphic-matrix-display-module-p-813.html>

- [60] MatterControl, “Software MatterControl,” 2018. [Online]. Available: <https://www.matterhackers.com/>
- [61] Repetier, “Software Repetier Host,” 2018. [Online]. Available: <https://www.repetier.com/>
- [62] Ultimaker CUra, “Software Ultimaker Cura,” 2018. [Online]. Available: <https://ultimaker.com/>
- [63] Repetier, “Firmware de Repetier,” 2018. [Online]. Available: <https://www.repetier.com/documentation/repetier-firmware/>
- [64] EvdZ, “Firmware Marilin,” 2018. [Online]. Available: <https://github.com/MarlinFirmware/Marlin>
- [65] ThyssenKrupp, “TK ThyssenKrupp Aceros y Servicios S . A .” pp. 1–5, 2010. [Online]. Available: <https://www.thyssenkrupp.cl/media/media/aceros/aceros{ }de{ }f{ }cil{ }mecanizaci{ }n/barras{ }de{ }aceros{ }inoxidable/aisi{ }304.pdf>
- [66] D. R. Tobergte and S. Curtis, “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley,” *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013. [Online]. Available: <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2015/03/disen-en-ingenieria-mecanica-de-shigley-8th-hd.pdf>
- [67] C. Williams, “Rodamientos FAG,” p. 382pp., 2007.
- [68] T. Drive and C. Company, “Rodamientos lineales,” vol. 3100, 2007.
- [69] Lozurytech, “Tornillo sin fin 8mm,” 2018. [Online]. Available: <https://www.lozurytech.biz/product-page/tornillo-sin-fin-8mm-x-500mm>
- [70] girando en el Einstronic, “NEMA Stepper Motor,” no. July, 2017. [Online]. Available: <http://einstronic.com/wp-content/uploads/2017/06/NEMA17-Stepper-Motor-Catalogue.pdf>
- [71] G. Geeetech, “Geeetech,” 2018. [Online]. Available: <http://www.geeetech.com/>
- [72] L. Reprap, Geeetech, Reprap, “Accesorios Eléctricos-Fuente 24v DC -29A,” 2018. [Online]. Available: <http://www.geeetech.com/350w-12v-29a-s35012-acdc-switching-power-supply-p-715.html>

- [73] O. Reprap, Geeetech, Reprap, “Configuracion de la tarjeta GT2560 de GEEETECH,” 2018. [Online]. Available: <https://www.geeetech.com/wiki/index.php/GT2560>
- [74] RepRap, “Firmware Prusa i3 –RepRap,” 2018. [Online]. Available: <http://reprap.org/wiki/Prusa{i3}Rework{Firmware>
- [75] C. ARDUINO, “Arduino-IDE-1.0.6,” 2018. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/main/software>
- [76] MatterHackers, “MatterControl - 3D Printing Software,” p. 2018. [Online]. Available: <https://www.matterhackers.com/store/1/mattercontrol/sk/MKZGTDW6>
- [77] ALL3DPRINT, “Software MatterControl,” 2018. [Online]. Available: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/{#}mattercontrol>
- [78] D. S. Weiss and M. Abkowitz, “Advances in organic photoconductor technology,” *Chemical Reviews*, vol. 110, no. 1, pp. 479–526, 2010.
- [79] C. K. Chiang, C. R. Fincher, Y. W. Park, A. J. Heeger, H. Shirakawa, E. J. Louis, S. C. Gau, and A. G. MacDiarmid, “Electrical conductivity in doped polyacetylene,” *Physical Review Letters*, vol. 39, no. 17, pp. 1098–1101, 1977.
- [80] J. Wu, Q. Tang, Q. Li, and J. Lin, “Self-assembly growth of oriented polyaniline arrays: A morphology and structure study,” *Polymer*, vol. 49, no. 24, pp. 5262–5267, 2008. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2008.09.044>
- [81] S.-A. Co LLC, *Printing the Future in Multiple Dimensions 3D AND 4D PRINTING TECHNOLOGIES: 3D PRINTABLE CONDUCTIVE NANOCOMPOSITES NANOPARTICLE-BASED ZINC OXIDE ELECTRON TRANSPORT LAYERS*, 2016, vol. 11, no. 2. [Online]. Available: <http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Aldrich/Brochure/1/material-matters-v11-n2.pdf>
- [82] V. Braun and M. Taylor, *3D printing*, 1st ed. 2013, 2012, vol. 18, no. 2. [Online]. Available: <http://www.profadvanwijk.com/wp-content/uploads/2015/03/3D{Printing-with-biomaterials}Web.pdf>

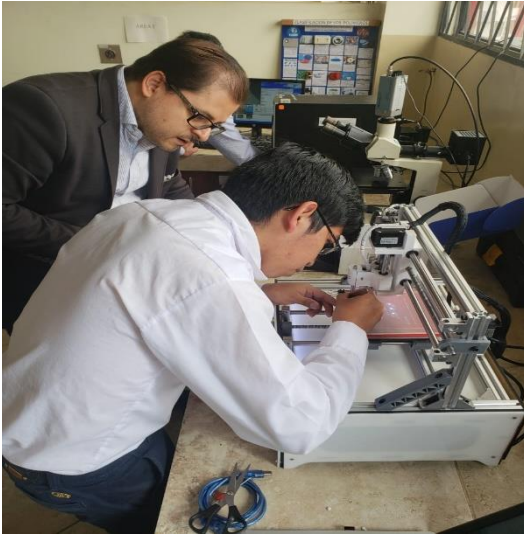
- [83] “SELECTIVE LASER tool-less manufacturing.”
- [84] P. Properties, “Physical Properties of Elements.”
- [85] S. Chancusi and P. Navarrete, “Diseño Y Construcción de Una Impresora 3D Auto-Replicable Controlada Inalámbricamente Para El Prototipado de Piezas Plásticas, Mediante Software Libre,” *Departamento deficiencias de la Energía y Mecánica. Ingeniería Mecatrónica*, 2014. [Online]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8173/1/AC-ESPEL-MEC-0019.pdf>
- [86] M. C. Garcia, *Estudio Experimental in Vitro De La Fiabilidad De Distintas Técnicas De Impresión En Implantología*, 2010.
- [87] V. T. Barreda, “Diseño de una máquina impresora 3D de bajo coste para uso en el hogar o pequeños laboratorios,” 2015.
- [88] J. Hiemenz and I. Stratasys, “LA IMPRESION 3D CON FDM: ¿Cómo funciona?” *Pixel Sistemas*, 1999.
- [89] I. M.-F. Carrato, “Nanoestructuración de Materiales Poliméricos con Morfología Controlada,” 2013.
- [90] J. R. María Victoria García Pérez, María Garcia, Miguel Ramos, “Cristales líquidos,” pp. 1–14. [Online]. Available: <http://www.unizar.es/icma/divulgacion/cristalesliq.html>
- [91] M. &. Rubio and J. Guerrero, “Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables,” *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, vol. 2, pp. 173–181, 2012. [Online]. Available: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Rubio-Anaya-et-al-2012.pdf>
- [92] B. Básico Compilador and L. Rafael Quintana Orozco, “Introducción a los Sistemas de Impresión Licenciatura en Diseño Gráfico CONOCERSE ACEPTARSE AMARSE CUIDARSE SUPERARSE TRANSMITIR TRANSFORMAR.” [Online]. Available: <http://www.proveedoradelasartesgraficas.com/pdf/INTRODUCCIONALOSSISTEMASDEIMPRESION.pdf>
- [93] E. Herrera, “Diseño, síntesis y estudio de nuevos semiconductores orgánicos para la fabricación de transistores de efecto de campo,” p. 227, 2013. [Online]. Available: <http://www.tesisenred.net/handle/10803/101133?locale-attribute=es>

- [94] C. Romero and G. Vaca, “Construcción De Una Impresora 3D, Para La Elaboración De Objetos Plásticos Utilizando El Método De Modelado Por Deposición Fundida (MDF) ,” pp. 1–247, 2008. [Online]. Available: <http://dspace.espoeh.edu.ec/handle/123456789/3804>
- [95] C. Basados and E. N. Tiofeno, *Semiconductores Orgánicos Pi-*, 2012.
- [96] P. Clutches, F. Clutches, F. Surfaces, F. Clutch, S. Disc, P. Clutch, M. D. Clutch, C. Clutch, and C. Clutch, “Semiconductor Physics.”
- [97] D. A. Neamen, *Semiconductor physics and devices*, 2006, vol. 9, no. 5.
- [98] A. Koehler and H. Baessler, “Electronic Processes in Organic Semiconductors: An Introduction,” no. i, p. 424, 2015. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=GXemBgAAQBAJ&pgis=1>
- [99] CENTRO DE ANÁLISIS Y PROSPECTIVA GABINETE TÉCNICÓ DE LA GUARDIA CIVIL, “Impresoras 3D,” vol. 2, pp. 1–17, 2016. [Online]. Available: http://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local{__}repository/documents/17854.pdf
- [100] M. Ralph, “3D Bioprinting of complex channels â Effects of material , orientation , geometry , and cell embedding,” pp. 2558–2570, 2014.
- [101] B. Ripley, D. Levin, T. Kelil, J. L. Hermsen, S. Kim, J. H. Maki, and G. J. Wilson, “3D printing from MRI Data: Harnessing strengths and minimizing weaknesses.” *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI*, pp. 635–645, 2016.
- [102] Y. Y. Noh, J. J. Kim, K. Yase, and S. Nagamatsu, “Organic field-effect transistors by a wet-transferring method,” *Applied Physics Letters*, vol. 83, no. 6, pp. 1243–1245, 2003.
- [103] J. Puigdollers, C. Voz, P. Ortega, I. Martín, A. Orpella, and R. Alcubilla, “Tecnología de semiconductores orgánicos : fabricación de dispositivos electrónicos en aulas docentes,” *Ieee-Rita*, vol. 4, no. 1, pp. 69–74, 2009. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/243589366>
- [104] C. Olarte, L. Álvarez, and S. Reina, “Automatización Del Proceso De Diseño Y Elaboración De Circuitos Impresos,” p. 185, 2009. [Online]. Available: <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/44362.pdf>

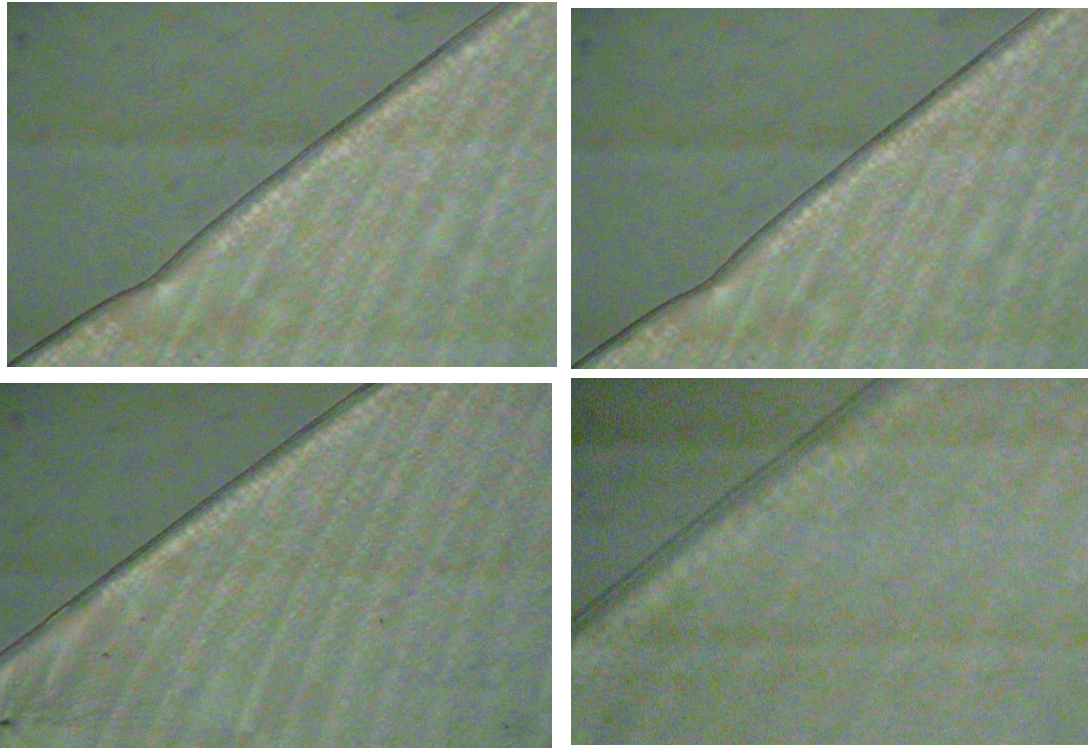
Anexos

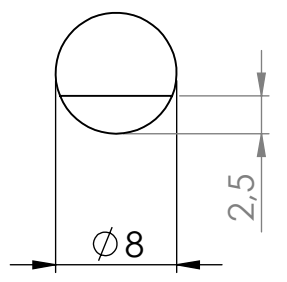
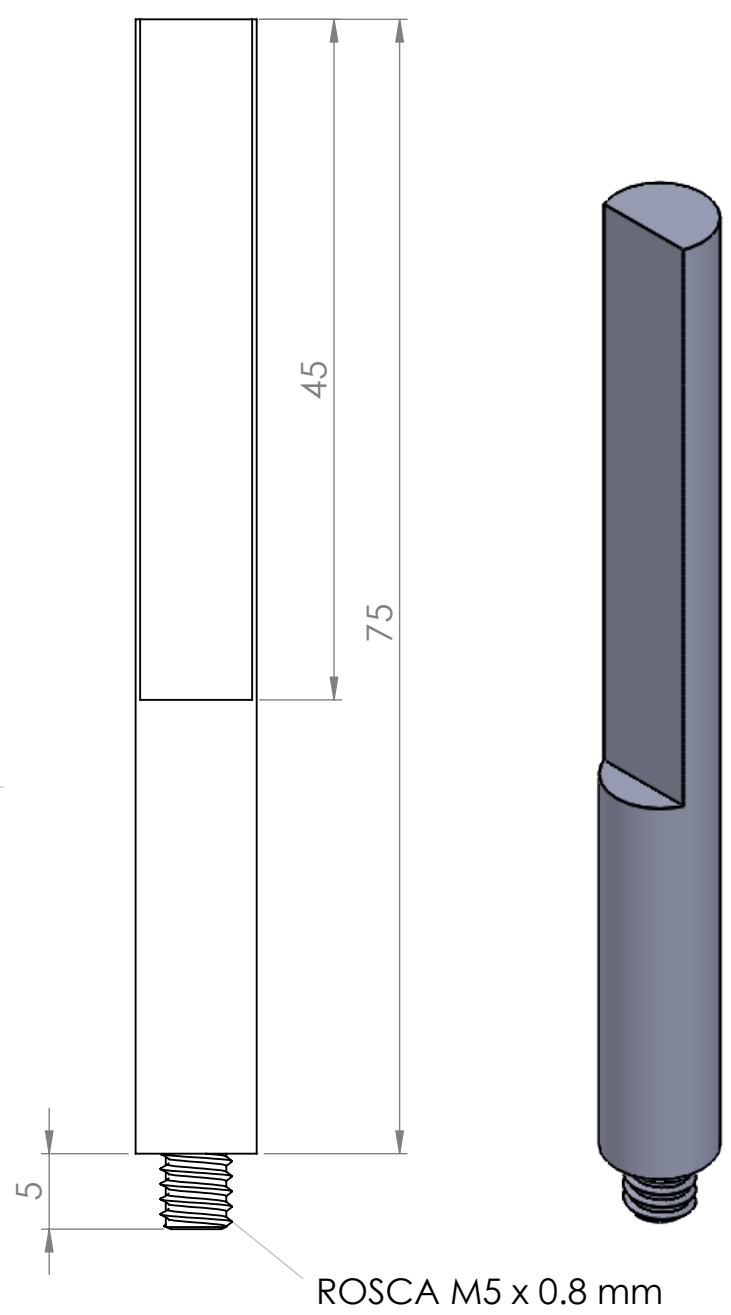
A. Depósito del material y Planos del sistema de impresión

Pruebas del Depósito visualizadas en Microscopio Digital con ampliación de Imagen 200x

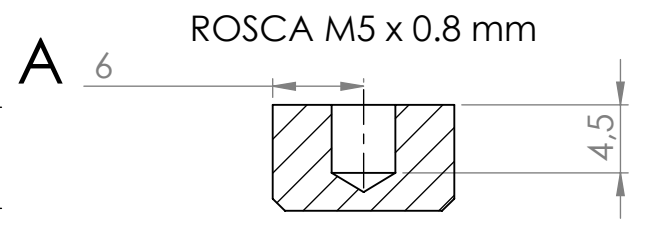
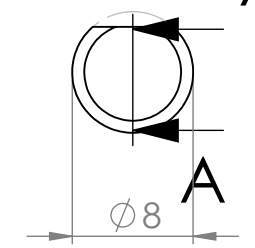
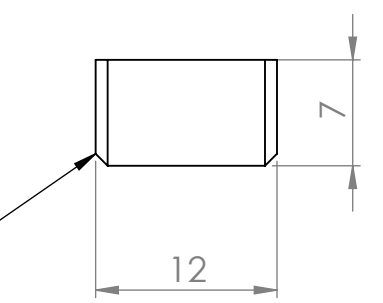


Resultados del depósito del semiconductor orgánico con ampliación de Imagen 200x

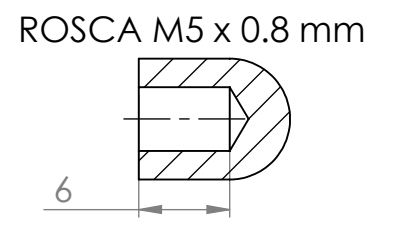
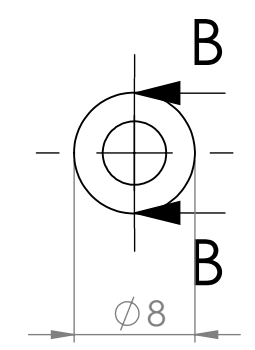
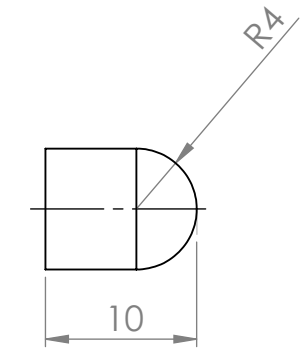
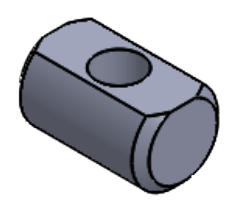




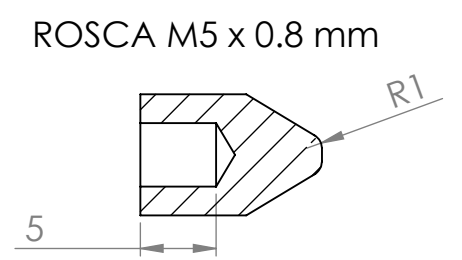
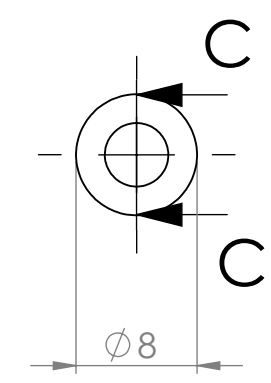
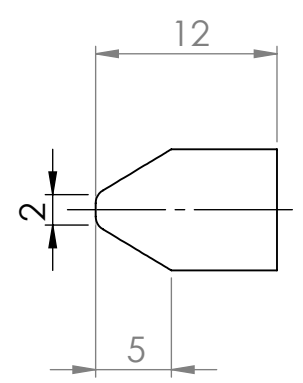
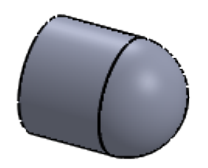
Chafilán 1mm x 45°



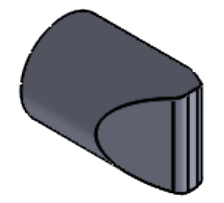
SECCIÓN A-A



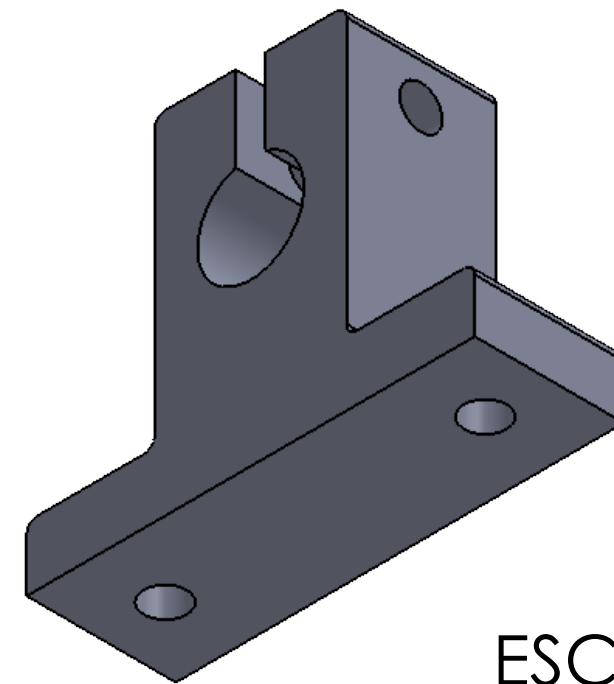
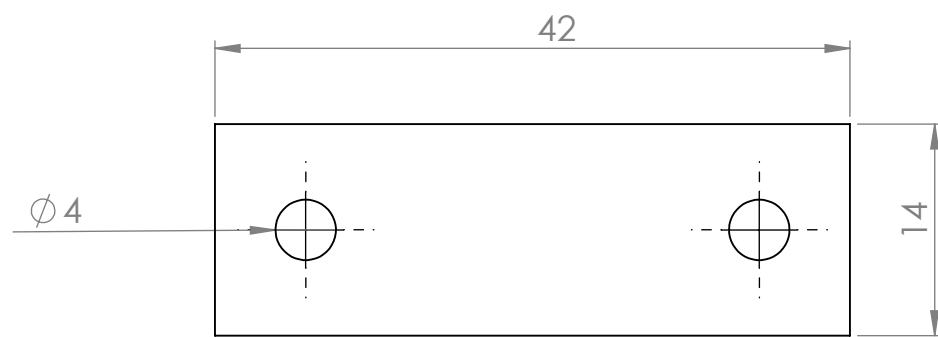
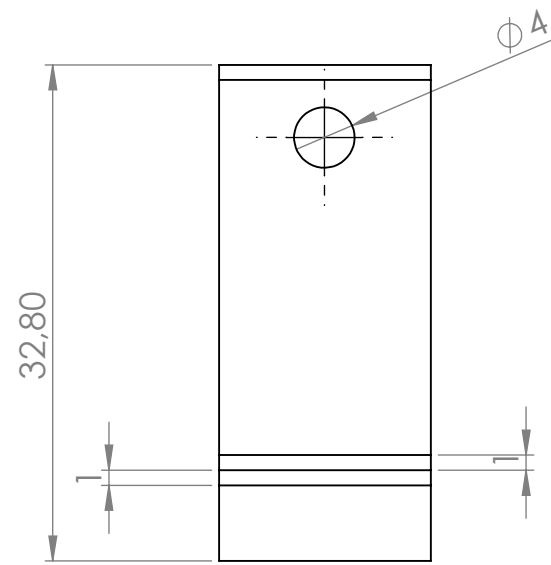
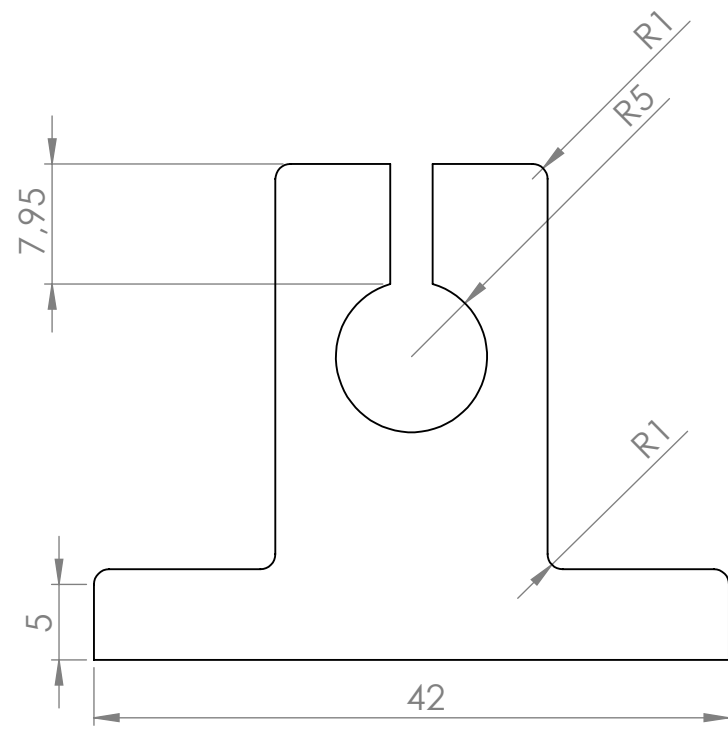
SECCIÓN B-B




SECCIÓN C-C

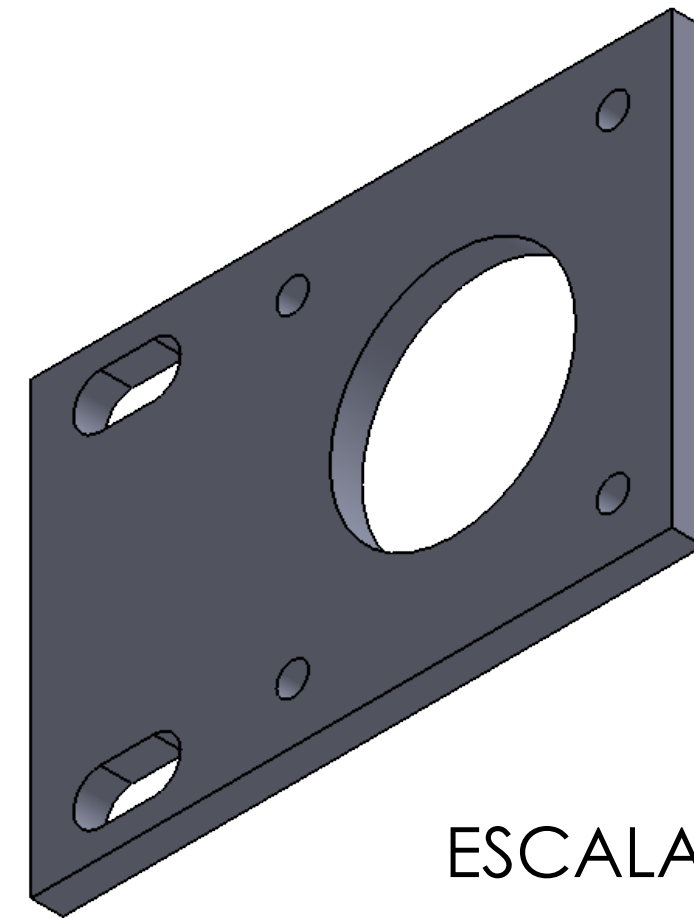
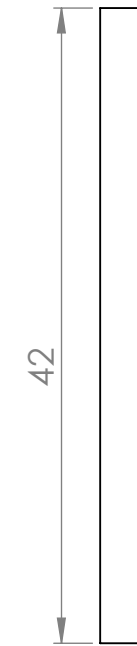
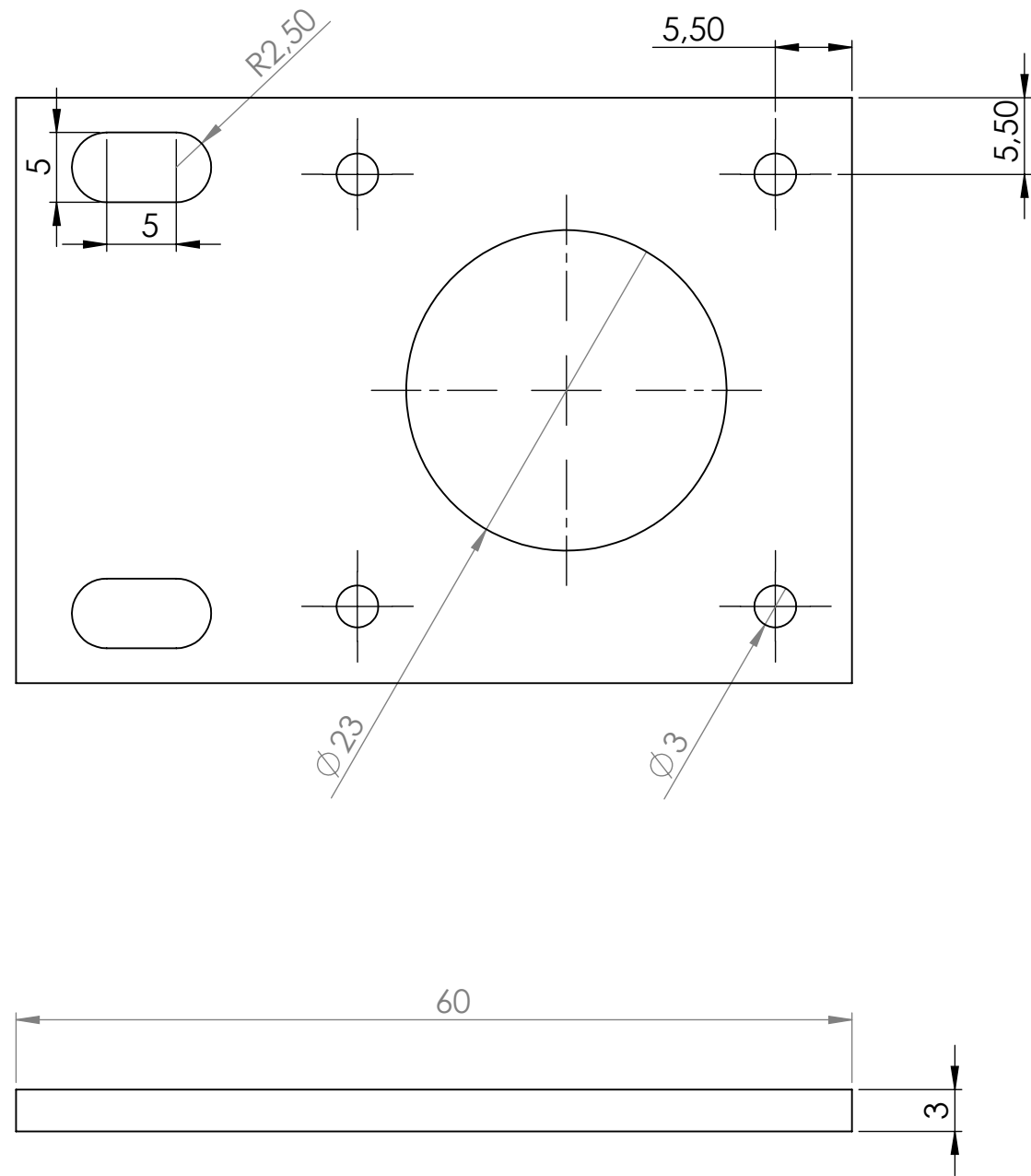


Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas	
		Fecha:	25/5/2018	Material:	Acero Inox	
		Diseñado:	O. Llamba	Denominación:	Actuador	
		Revisado:	Ing. S. Altamirano	Cantidad:	1	Escala: 2:1
		Aprob.:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA, E INDUSTRIAL		
		Lámina:	0/15	SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPÓSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMÉRICOS		
			UTA-FISE			




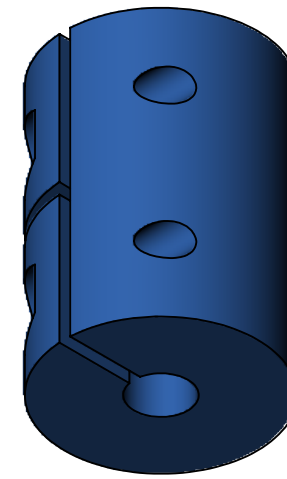
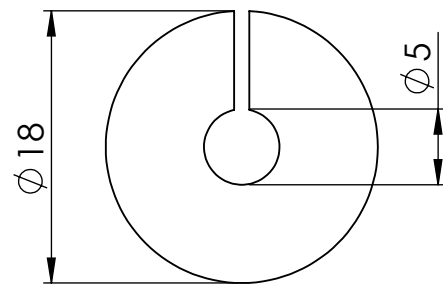
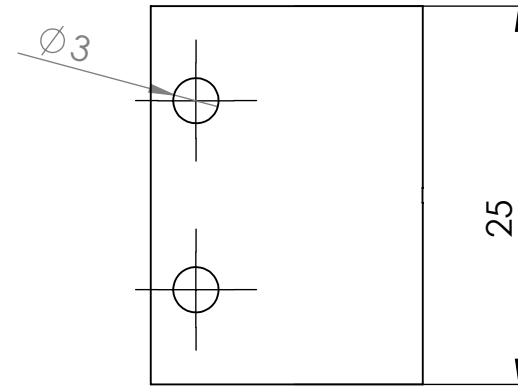
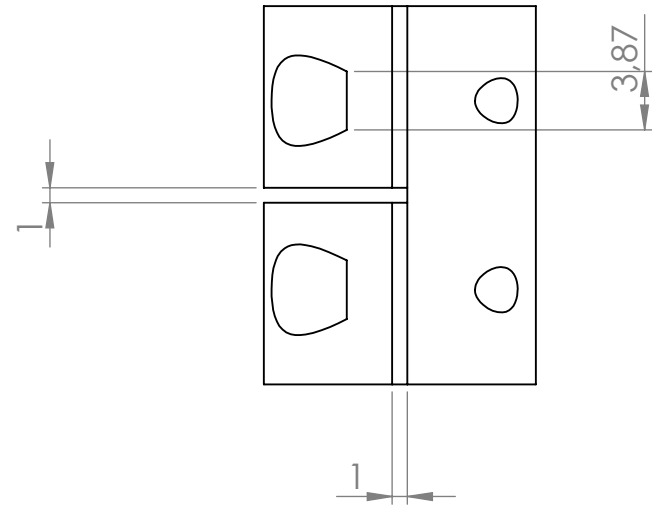
ESCALA 2:1

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas	
	Fecha:	25/5/2018		Material:	Aluminio	
	Diseñado:	O. Llamba		Denominación:	PLANOS OMARLIN V1	
	Revisado:	Ing. S. Altamirano		Cantidad:	1	Escala: 2:1
	Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones				
	Lámina:	1/15				
				SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPOSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMERICOS		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL UTA-FISE




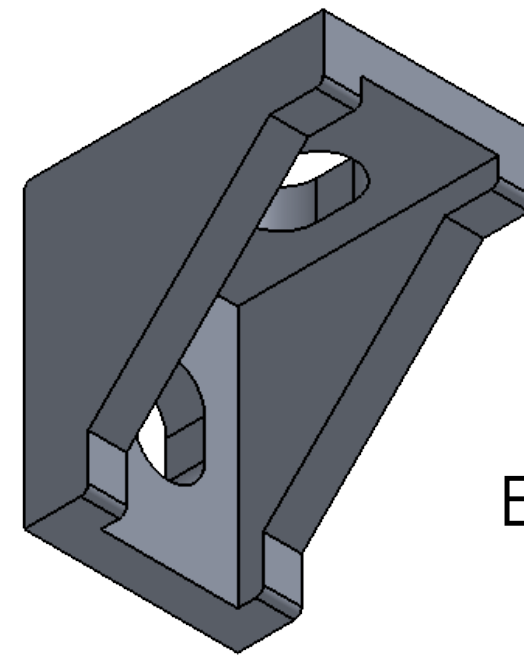
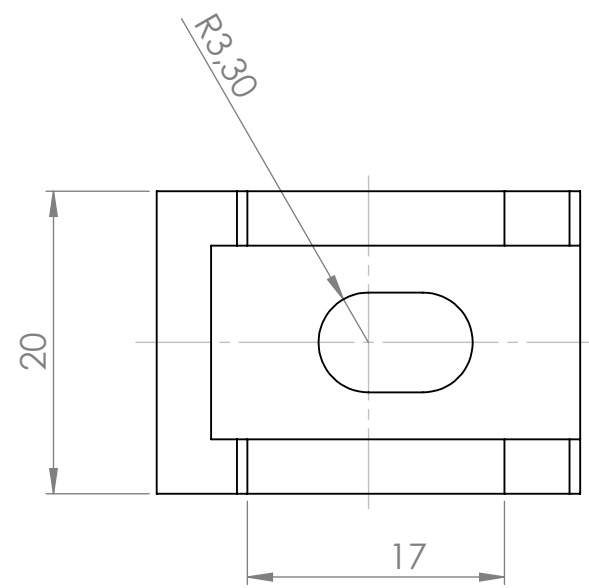
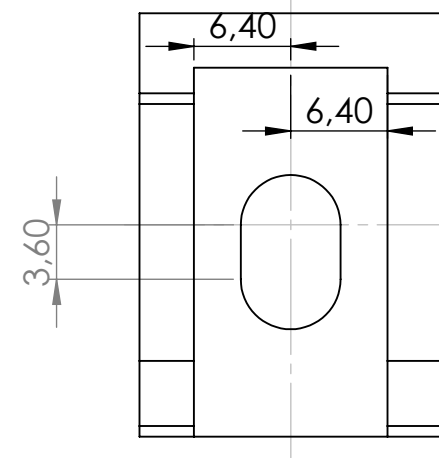
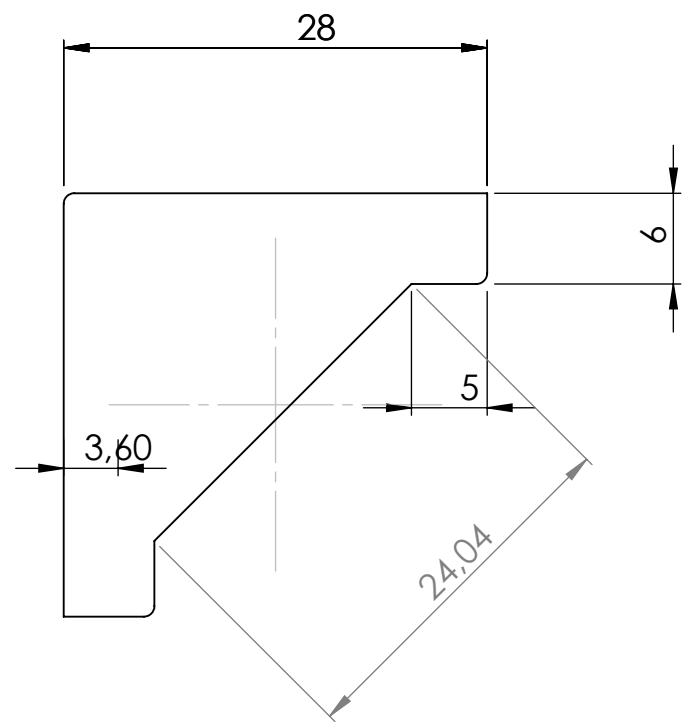
ESCALA 2:1

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas	
		Fecha:	25/5/2018	Material:	Acero	
		Diseñado:	O. Llamba	Denominación:	Acomplete Motor	
		Revisado:	Ing. S. Altamirano	Cantidad:	1	Escala: 2:1
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA, E INDUSTRIAL		
		Lámina:	2/15	SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPOSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMERICOS		
					UTA-FISE	



ESCALA 2:1

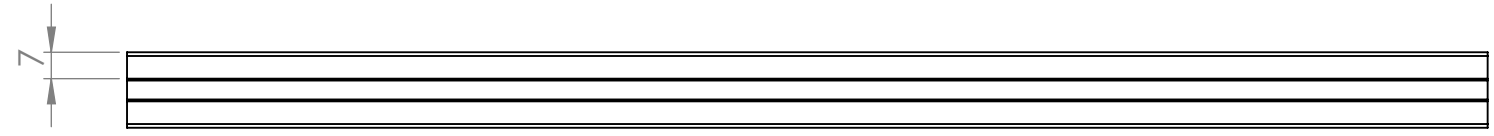
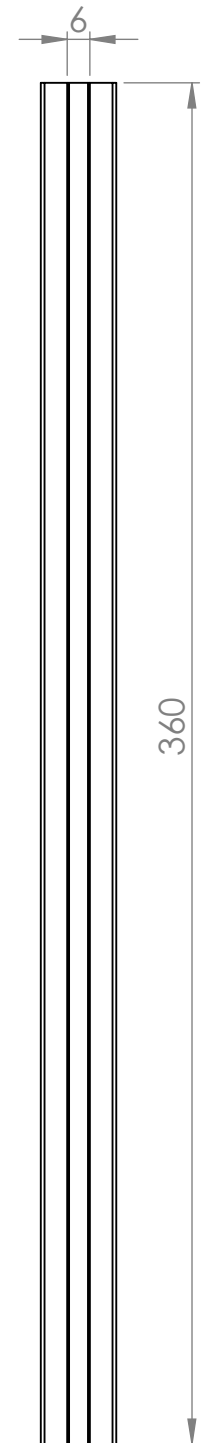
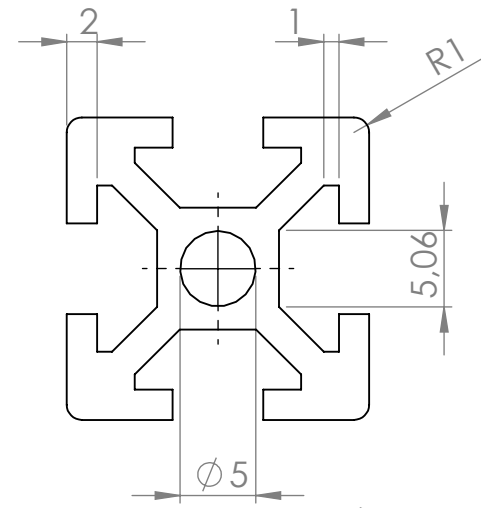
Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas	
		Fecha:	25/5/2018	Material:	Aluminio	
		Diseñado:	O. Llamba	Denominación:	Acople Motor/Ejes	
		Revisado:	Ing. S. Altamirano	Cantidad:	1	Escala: 2:1
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL UTA-FISE		
		Lámina:	3/15			



ESCALA 2:1

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas			
		Fecha:	25/5/2018		Material:	Aluminio		
		Diseñado:	O. Llamba		Denominación:	Acoples para perfiles tipo L		
		Revisado:	Ing. S. Altamirano		Cantidad:	1	Escala	2:1
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones					
			SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPOSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMERICOS			UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL		
Lámina:	4/15				UTA-FISE			

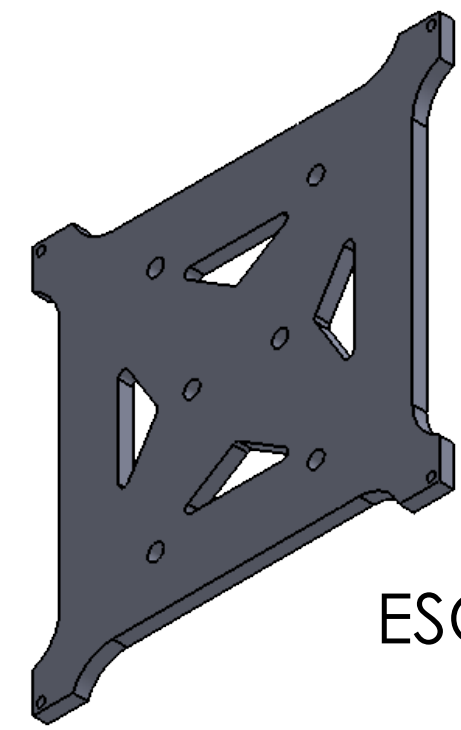
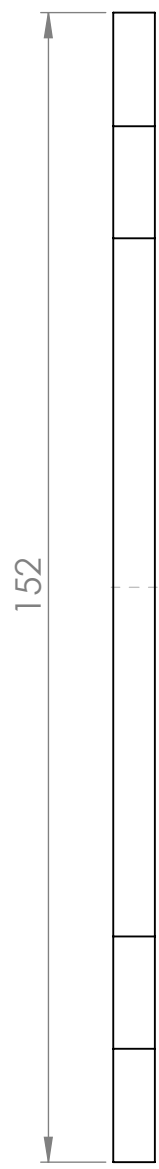
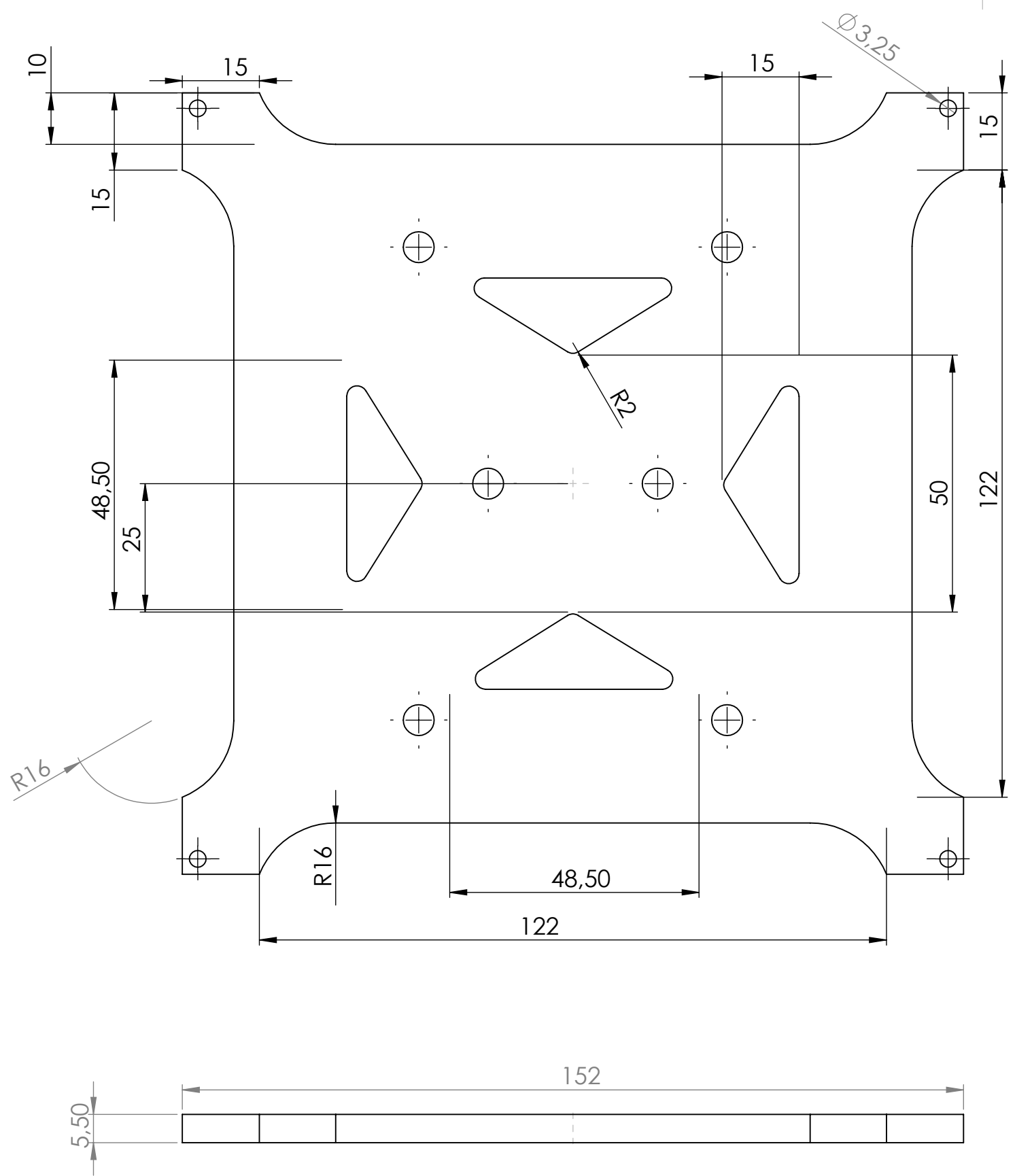
ESCALA 2:1



ESCALA 1:2

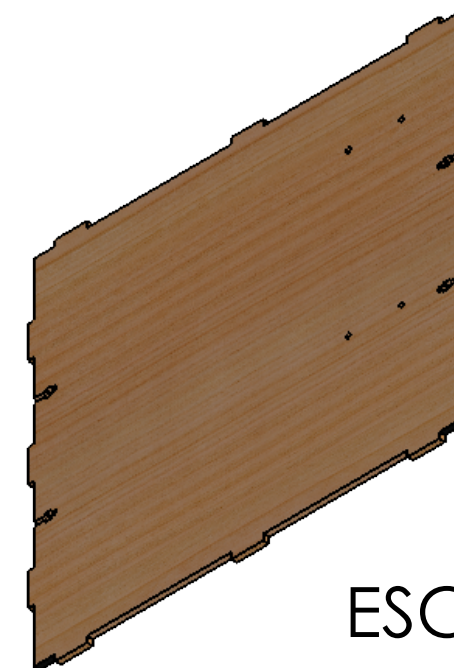
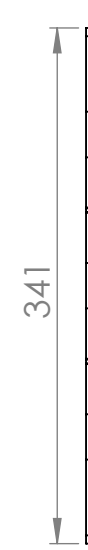
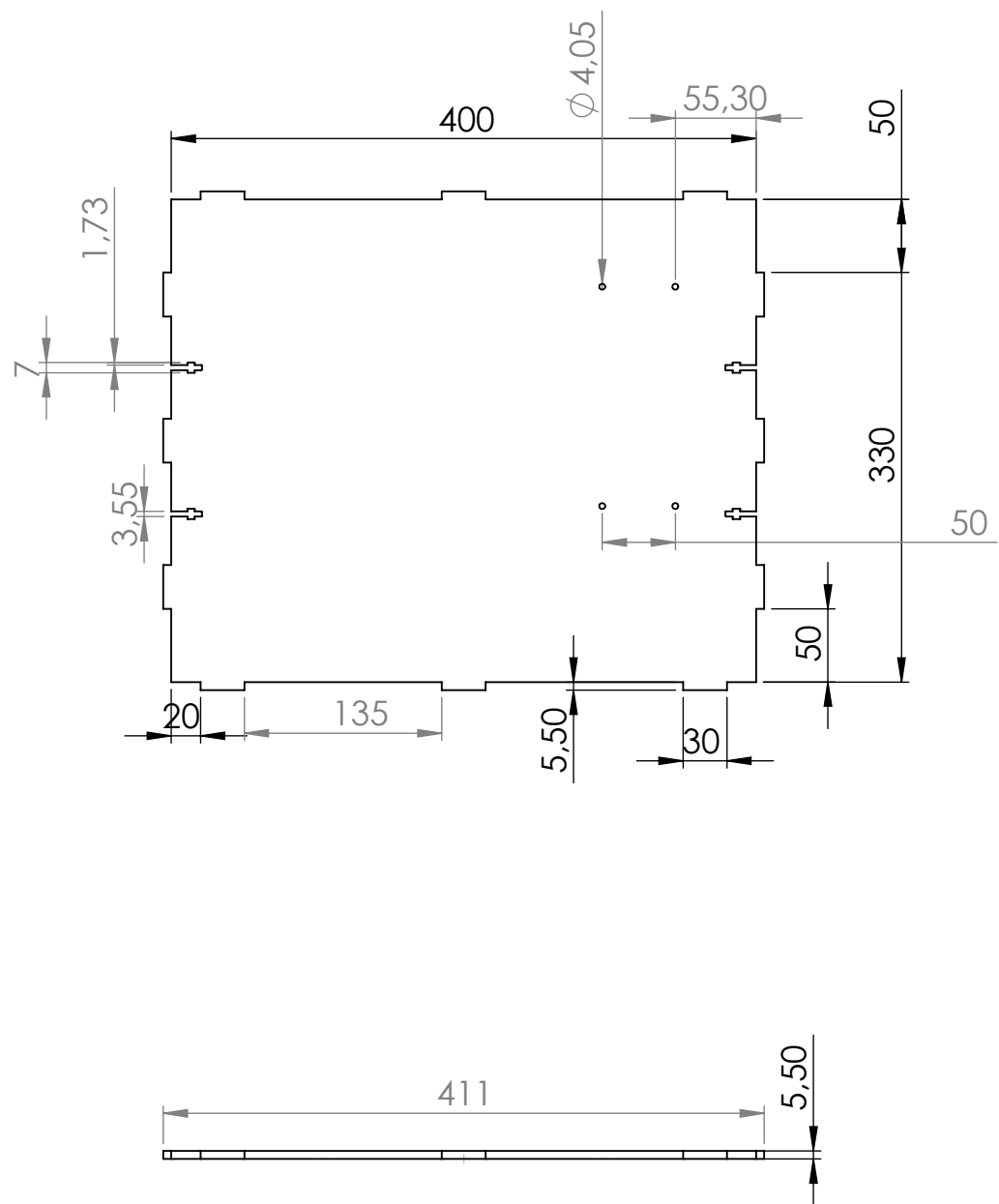


Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas	
		Fecha:	25/5/2018	Material:	Aluminio	
		Diseñado:	O. Llamba	Denominación:	Perfiles cartesianos	
		Revisado:	Ing. S. Altamirano	Cantidad:	1	Escala: 1:2
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA, E INDUSTRIAL		
Lámina:	5/15	SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPÓSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMÉRICOS			UTA-FISE	




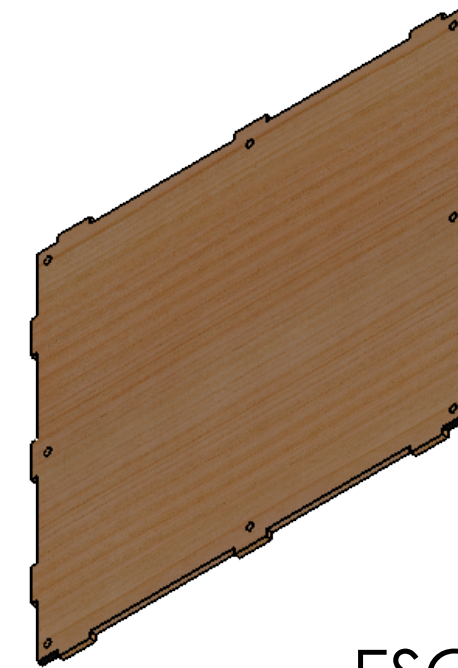
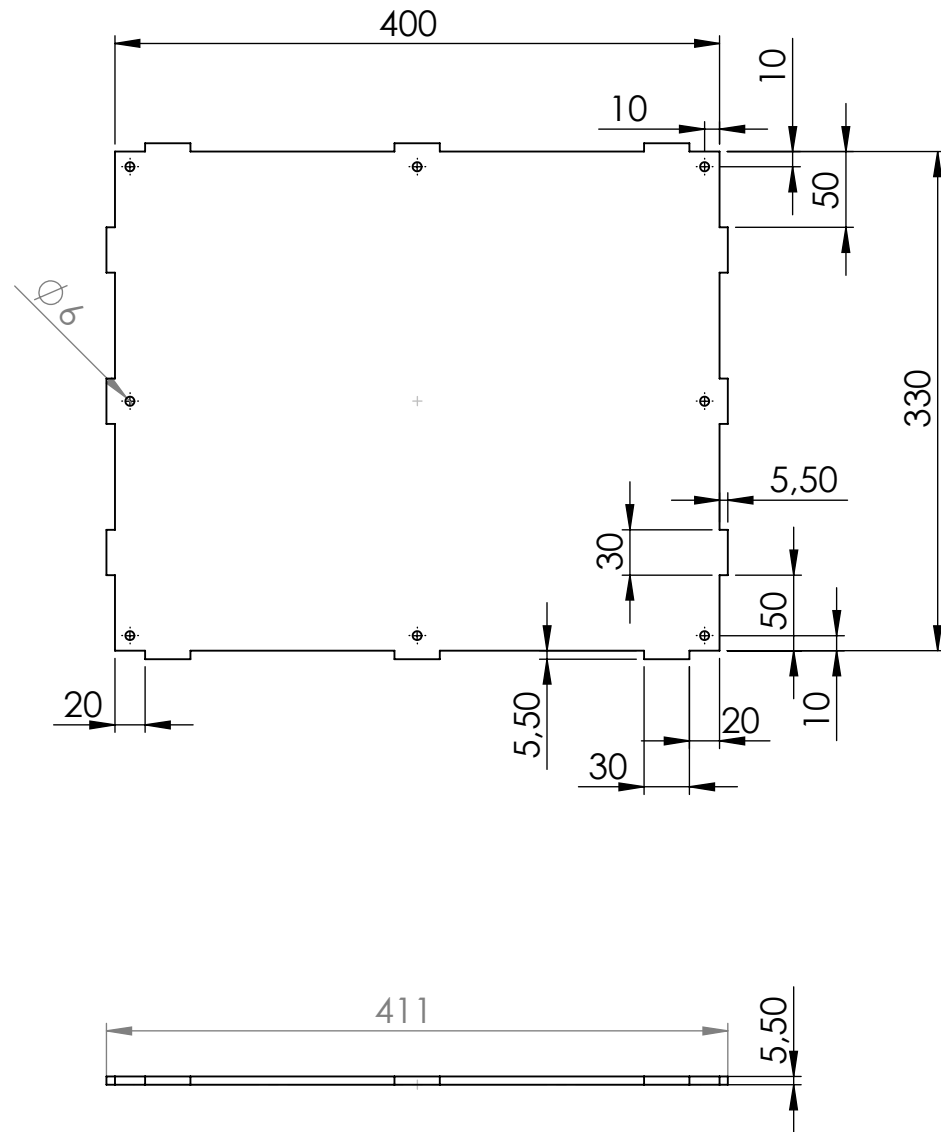
ESCALA 1:2

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas	
	Fecha:	25/5/2018			Material:	MDF
	Diseñado:	O. Llamba			Denominación:	Base caliente
	Revisado:	Ing. S. Altamirano			Cantidad:	1
	Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones			Escala:	1:1
	SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPOSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMERICOS				UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL	
Lámina:	6/15				UTA-FISE	




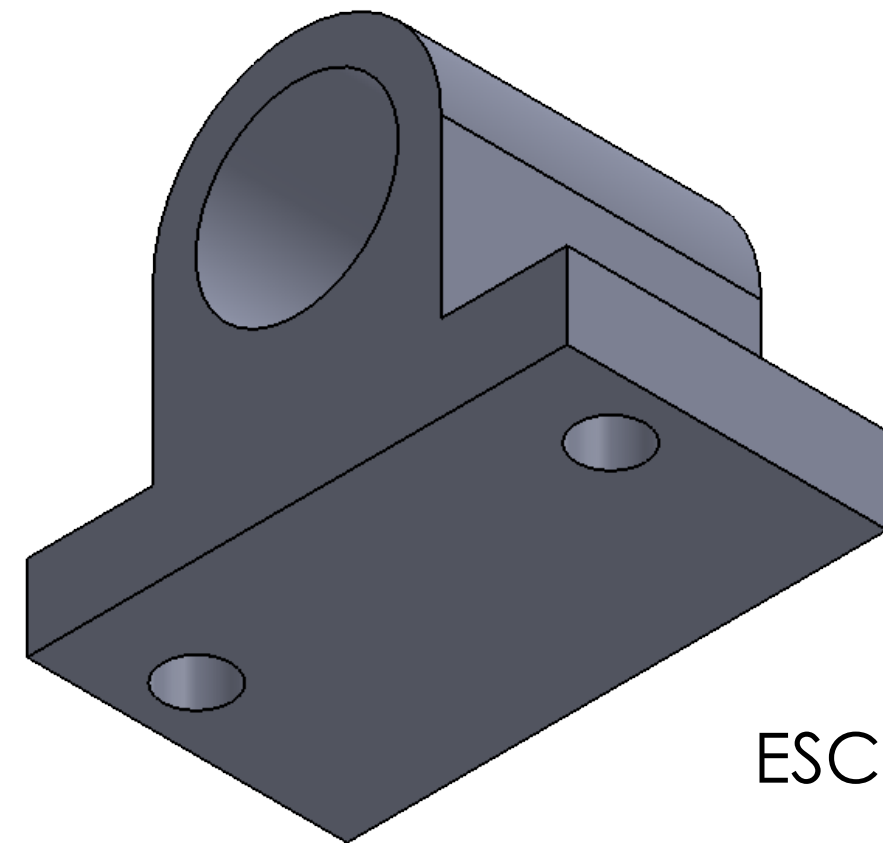
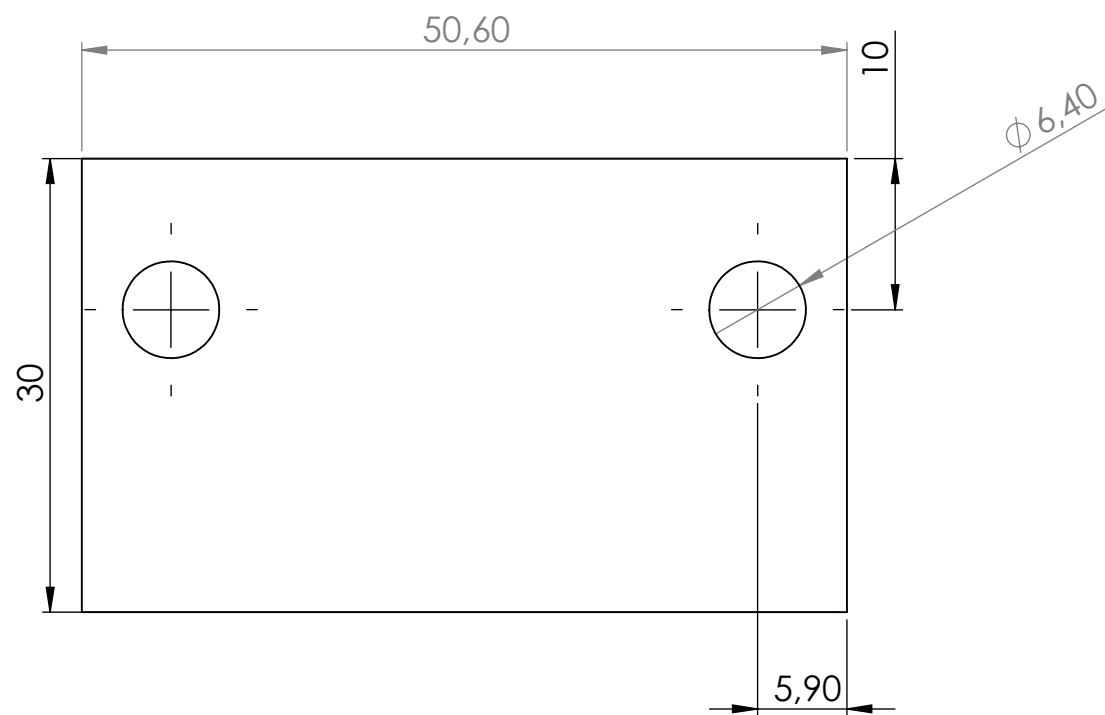
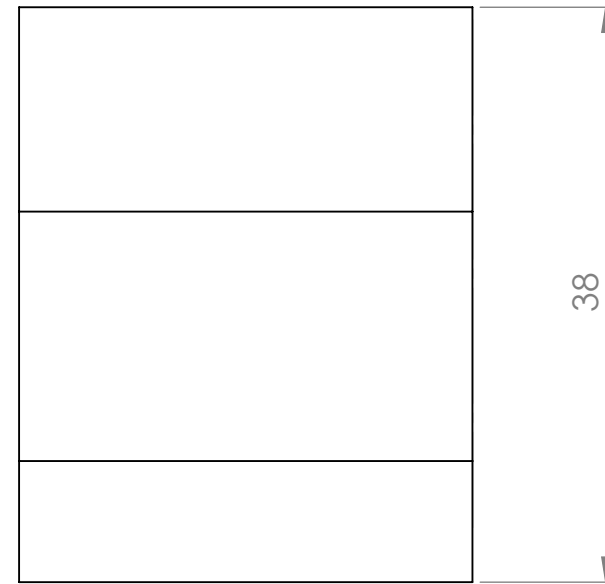
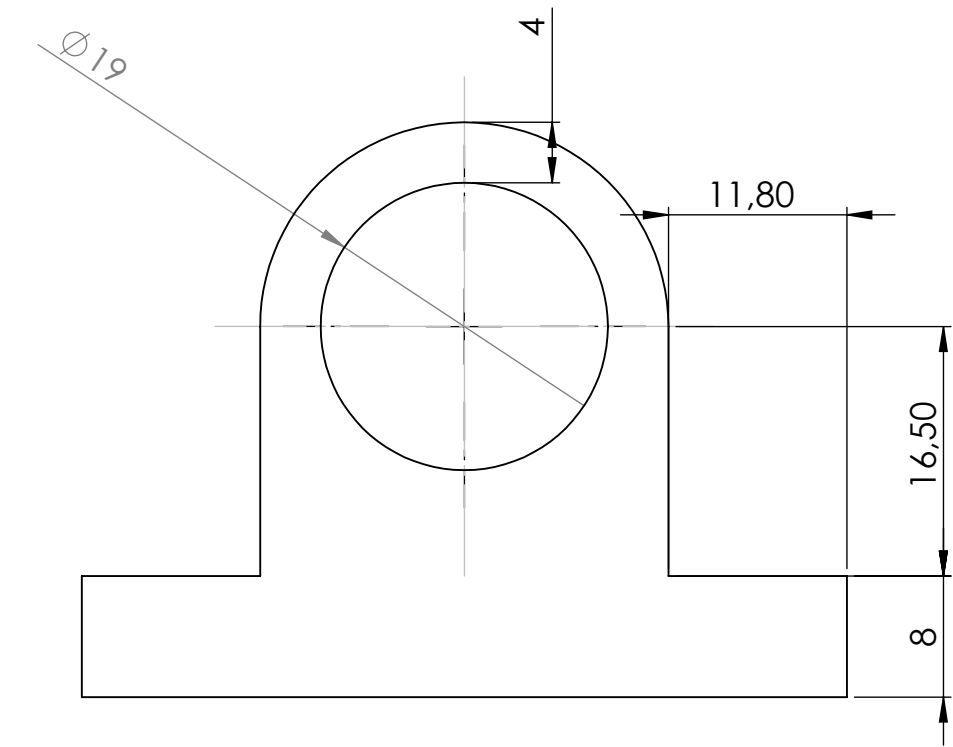
ESCALA 1:5

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas
	Fecha:	25/5/2018			Material: MDF
	Diseñado:	O. Llamba			Denominación: Base inferior
	Revisado:	Ing. S. Altamirano			Cantidad: 1 Escala 1:5
	Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones			
	Lámina:	7/15			
SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPOSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMERICOS					UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL UTA-FISE




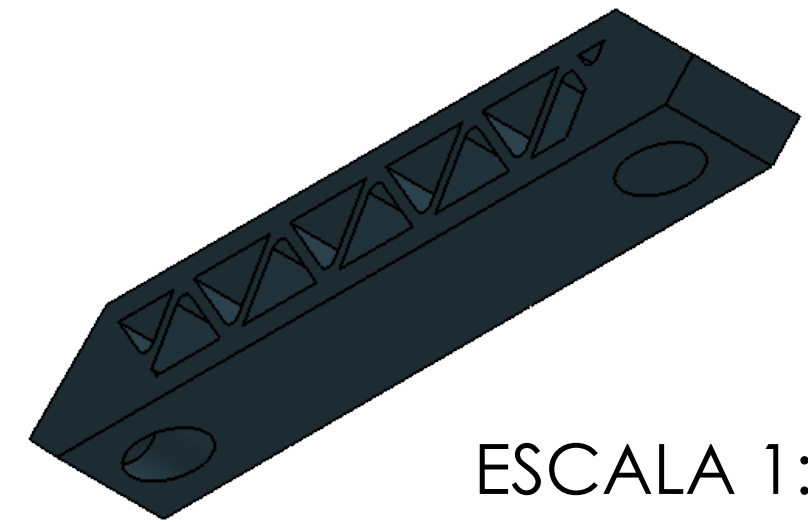
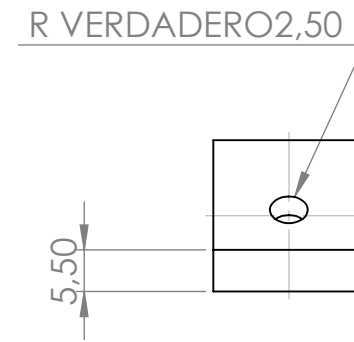
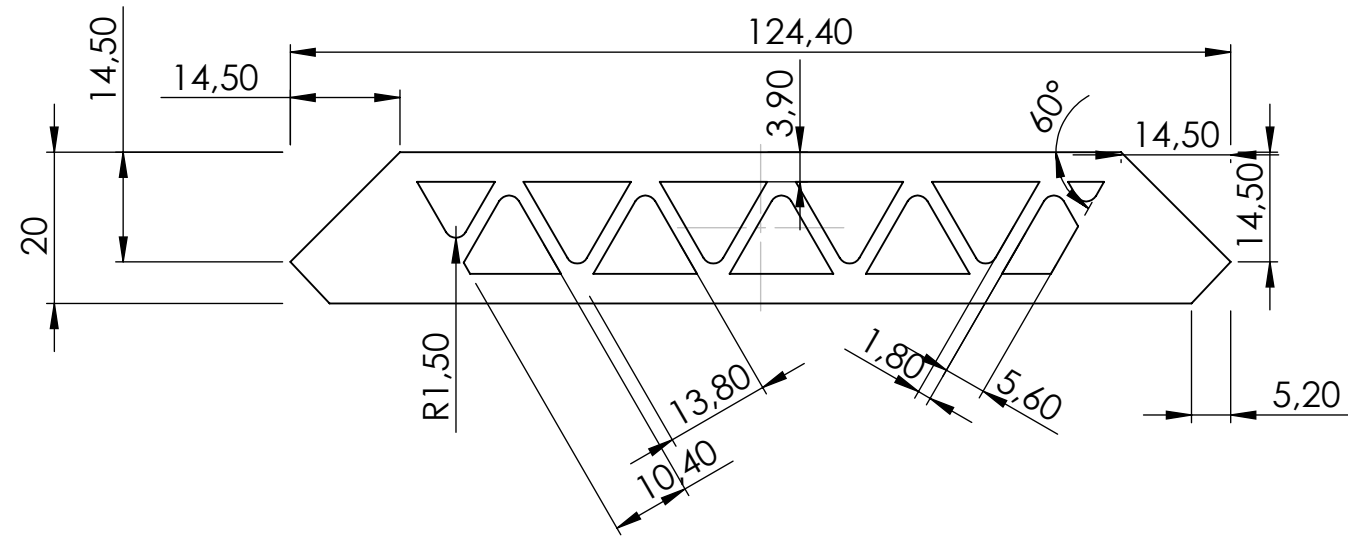
ESCALA 1:5

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas	
		Fecha:	25/5/2018	Material:	MDF	
		Diseñado:	O. Llamba	Denominación:	Tapa Superior	
		Revisado:	Ing. S. Altamirano	Cantidad:	1	Escala: 1:5
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL UTA-FISE		
		Lámina:	8/15			



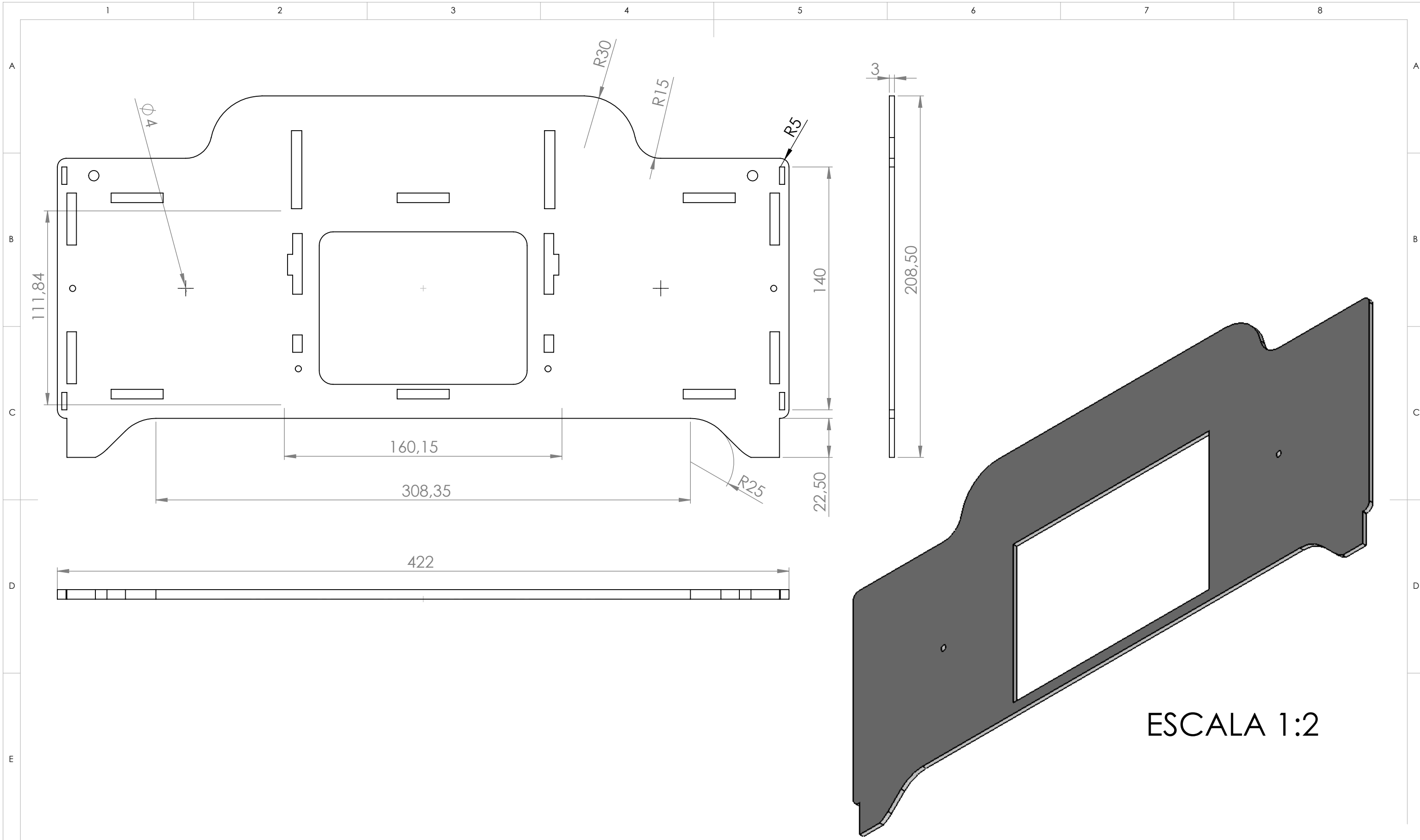
ESCALA 2:1

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas	
	Fecha:	25/5/2018		Material:	PLA/PLOMO	
	Diseñado:	O. Llamba		Denominación:	Cajetín para rodamiento	
	Revisado:	Ing. S. Altamirano		Cantidad:	5	Escala: 2:1
	Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones				
	SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPOSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMERICOS				UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL UTA-FISE	
Lámina:	9/15					



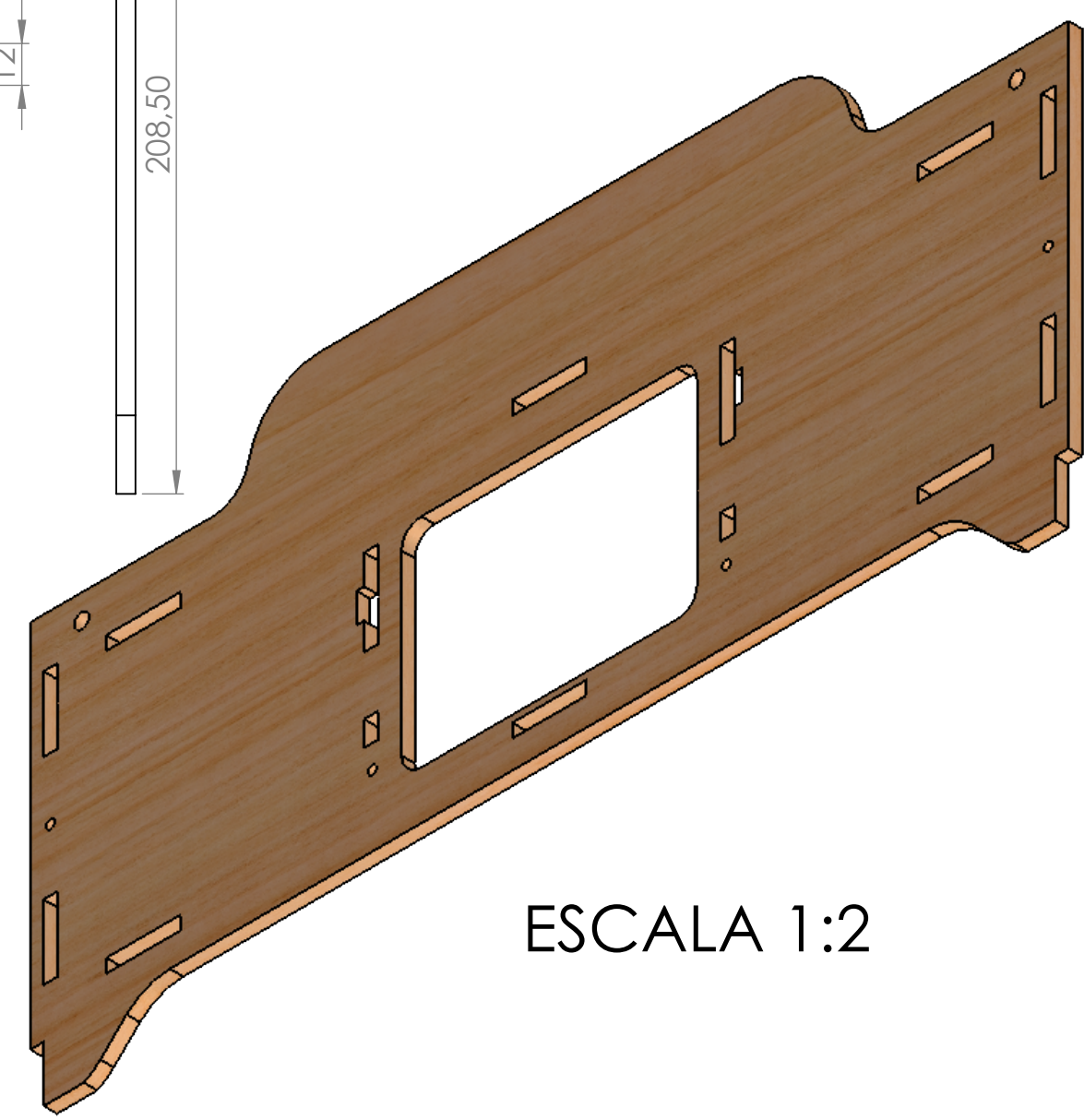
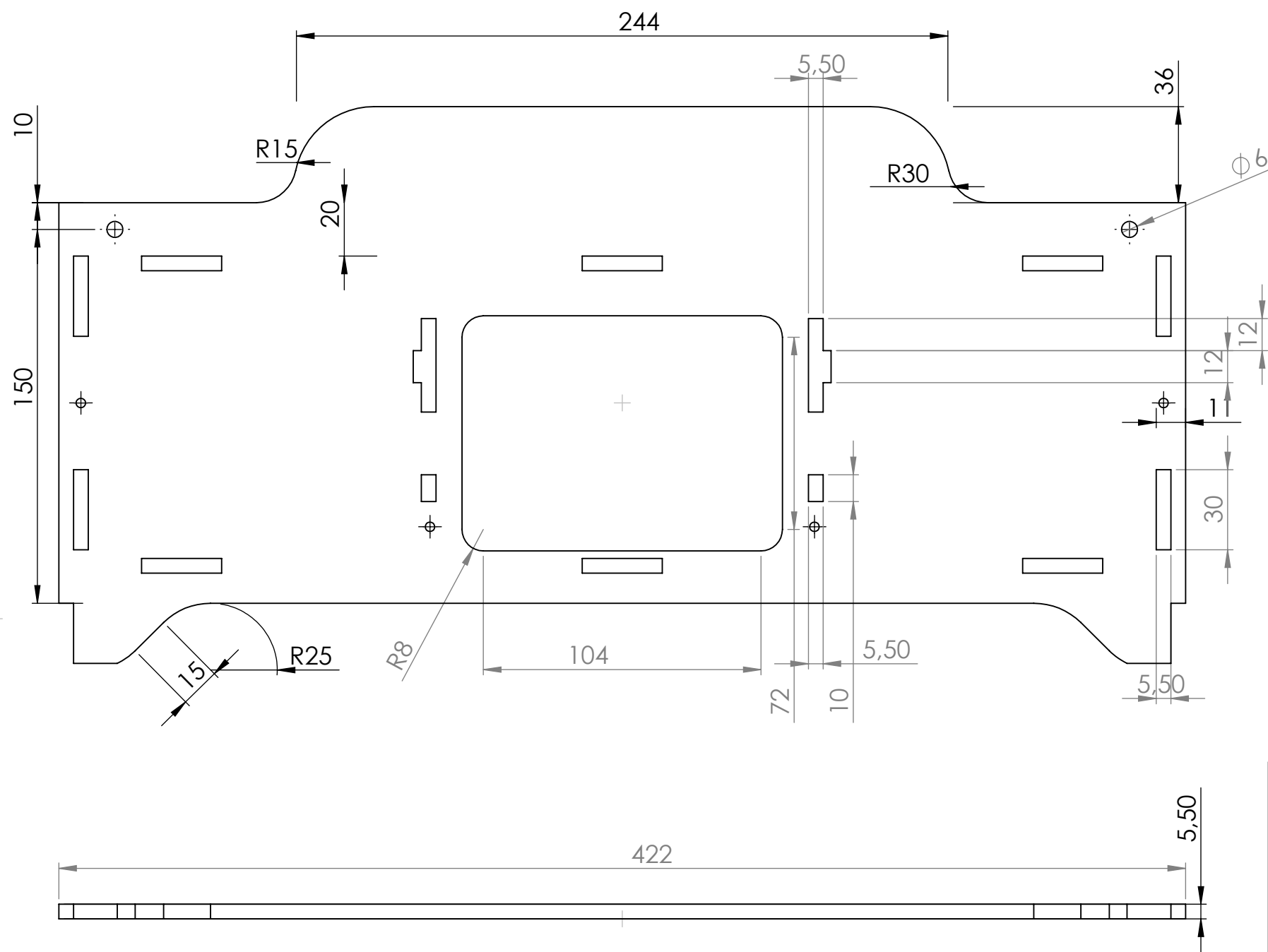
ESCALA 1:1

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas		
		Fecha:	25/5/2018	Material:	PLA/PLOMO		
		Diseñado:	O. Llamba	Denominación:	Soporte planos Z,Y		
		Revisado:	Ing. S. Altamirano	Cantidad:	1	Escala	1:1
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA, E INDUSTRIAL		
Lámina:	11/15	SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPÓSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMERICOS		UTA-FISE			



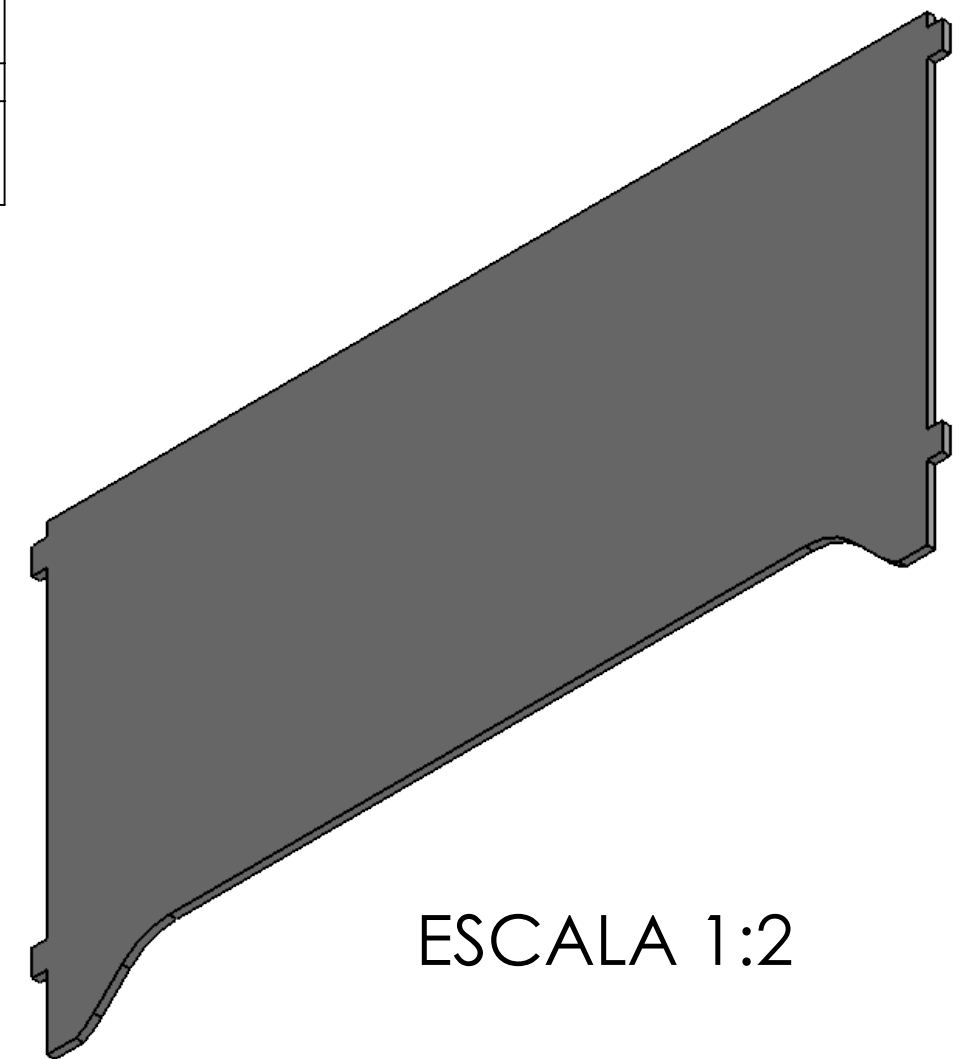
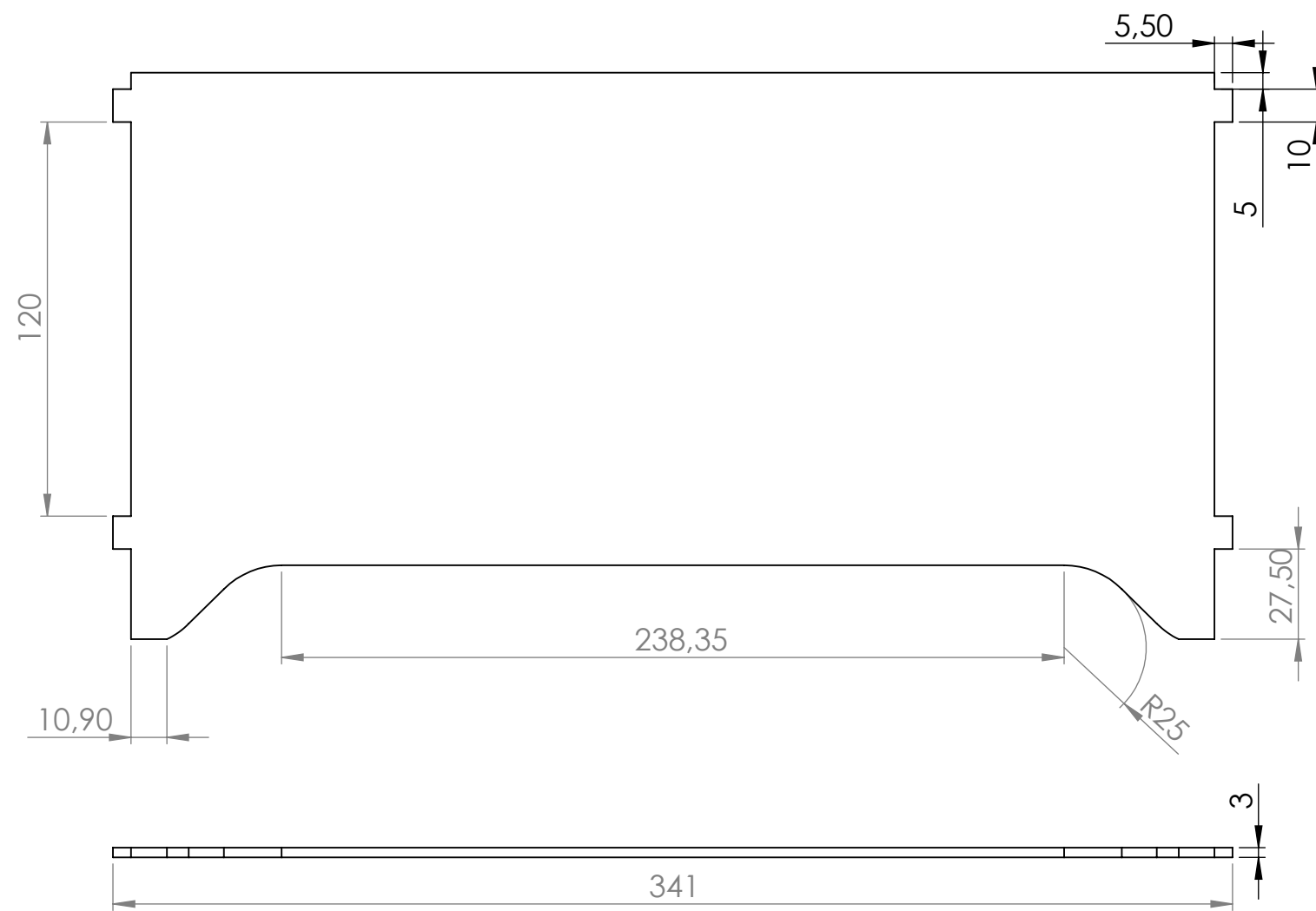
ESCALA 1:2

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas	
		Fecha:	25/5/2018	Material:	Acrílico	
		Diseñado:	O. Llamba	Denominación:	Tapas Frontal	
		Revisado:	Ing. S. Altamirano	Cantidad:	1	Escala: 1:2
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL UTA-FISE		
		SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPÓSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMERICOS				
	Lámina:	12/15				



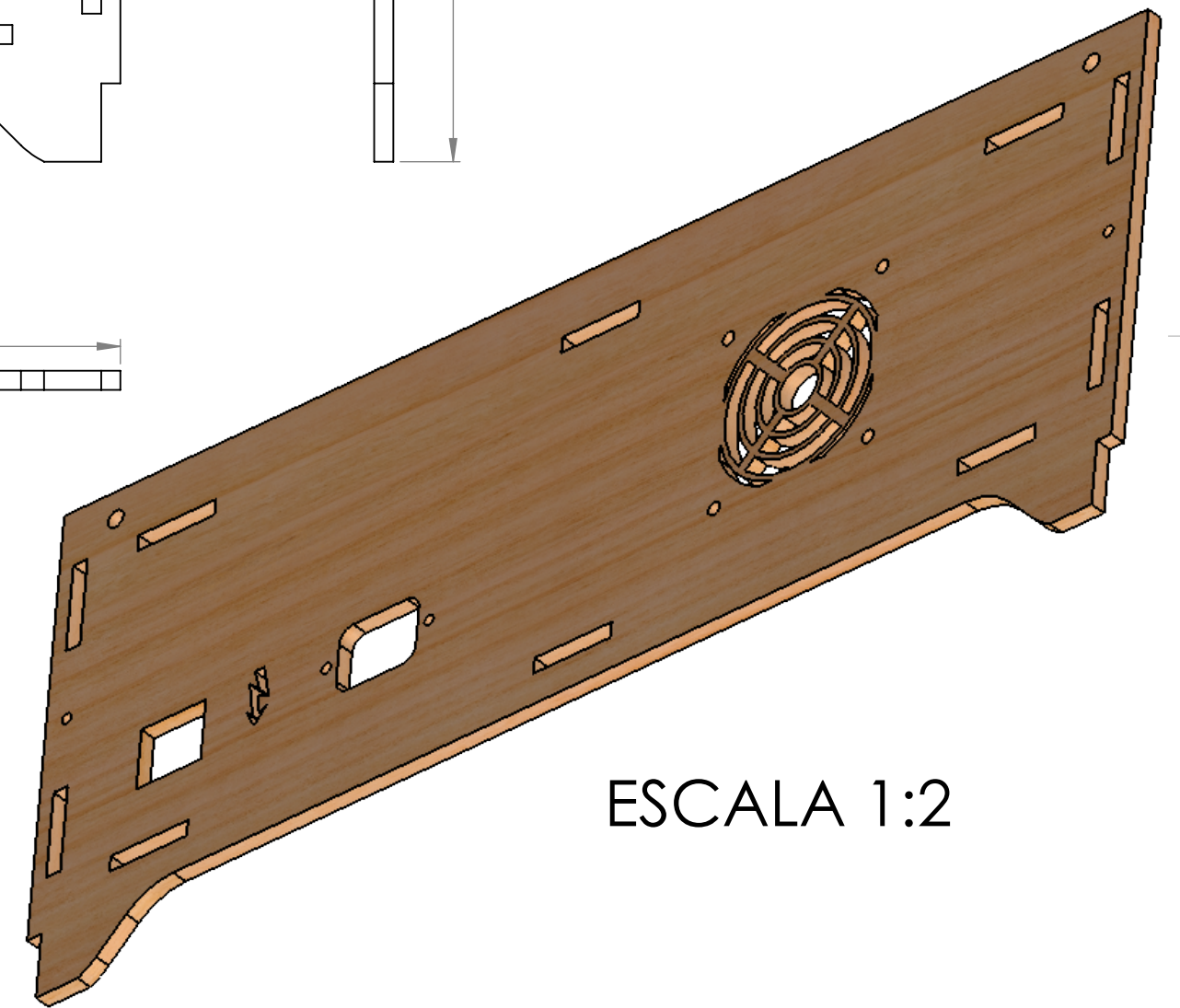
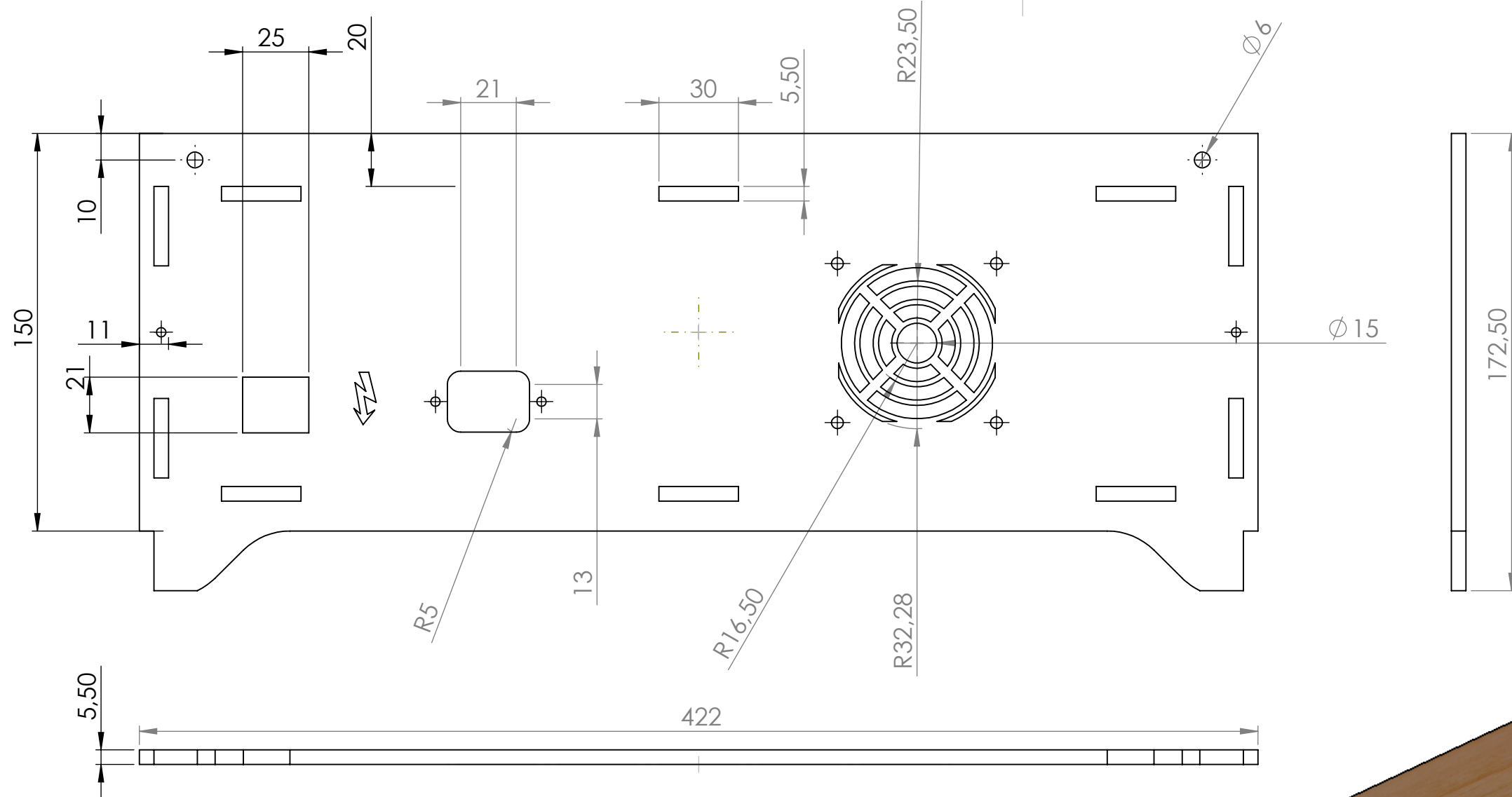
ESCALA 1:2

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas
	Fecha:	25/5/2018			Material: MDF
	Diseñado:	O. Llamba			Denominación: Tapa Frontal interna
	Revisado:	Ing. S. Altamirano			Cantidad: 1 Escala 1:2
	Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones			
	SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPOSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMERICOS				UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL UTA-FISE
Lámina: 13/15					




ESCALA 1:2

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas		
		Fecha:	25/5/2018	Material:	Acrílico		
		Diseñado:	O. Llamba	Denominación:	Tapa Lateral ext.		
		Revisado:	Ing. S. Altamirano	Cantidad:	2	Escala	1:2
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA, E INDUSTRIAL		
			SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPÓSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMERICOS		UTA-FISE		
Lámina:	14/15						



ESCALA 1:2

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas		
		Fecha:	25/5/2018	Material:	MDF		
		Diseñado:	O. Llamba	Denominación:	Tapa trasera		
		Revisado:	Ing. S. Altamirano	Cantidad:	1	Escala	1:2
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA, E INDUSTRIAL			
		SISTEMA DE IMPRESIÓN PARA EL DEPÓSITO DE SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS EMBEBIDOS EN MATERIALES POLIMÉRICOS			UTA-FISE		
		Lámina:	15/15				

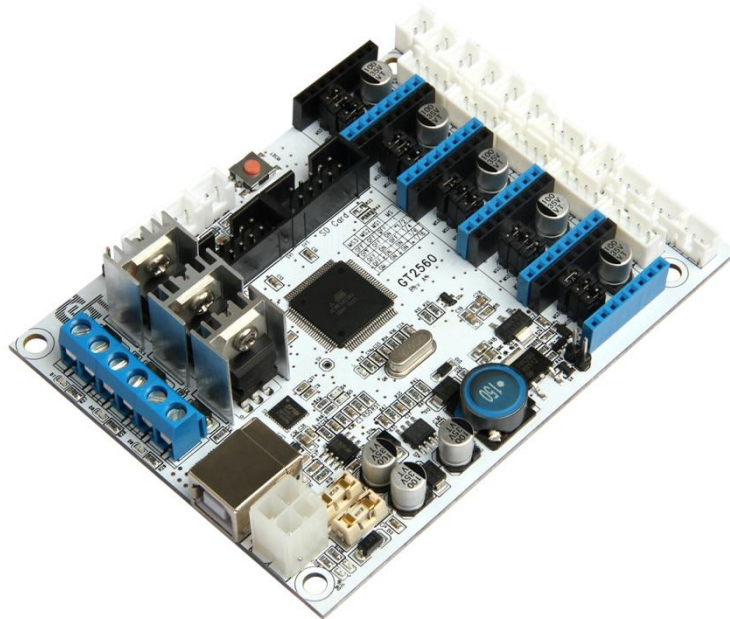
Users Manual of GT2560

Rev A+

Compiler: kris.mao Date: Jan04, 2016

Reviewer: Alina, Le mon Date: Jan04, 2016

Approver: Linda.Fan Date: Jan13, 2016



Contents

Copyright Declaration	3
Technical Support	3
1 Introduction	4
1.1 Overview and Hardware Resources.....	6
1.2 Software Resources	8
1.3 Source	8
2 Interfaces	9
2.1 Interface Layout.....	9
2.2 Interface specifications	9
2.3 subdivision of stepper motor.....	10
2.4 Fan connection.....	11
3 Development Environment setting	13
3.1 Interface Connecting and Setting.....	13
3.2 Software setting.....	14
3.3 File Burning.....	18
4 Get Started	21
5 FAQ.....	25

Copyright Declaration

The copyright of this specification belongs to the Shenzhen GETECH CO., LTD. (hereinafter referred to as the "Geetech"), and all rights reserved. No part of this specification should be reproduced or extracted in any forms or means without the prior written consent of Geetech by any company and individuals.

Technical Support

If you are interested in the technology of 3 D printing, flight control and U-home, welcome to Geetech, we have series of made-up products, main boards, modules and a variety of peripherals for you. Or if you are looking for relevant information or technical support, please login our forum where you can find anything you want about open source. To know more about our new products, please visit www.geetech.com, we will serve you wholeheartedly.

1 Introduction

GT2560 is a compact board that is integrated with the mighty function of the Arduino Mega2560+Ultimaker and Arduino Mega2560+ramps 1.4 on respect of both software and hardware and has more premium features: the streamlined interfaces effectively avoid the unnecessary troubles, well-regulated compaction of components highly integrated saves more space and easier to be mounted on most applications.

5 stepper motors, swappable driving modules, mighty ATmega2560 processor with 256k memory, 16MHz operating frequency, high-performance USB serial converter CH340C, all these make the GT2560 an ideal option for a 3D printer control board. What's more, GT2560 can run over 12V to 24V which gives higher torque and higher rotation rate.

Features :

1. Integrated with the mighty function of the Arduino Mega2560+Ultimaker and Arduino Mega2560+ramps 1.4 kit, The GT2560 can not only take full place the them on respect of both software and hardware, but also features compact size, more convenient connection, and more stable.

2. Adopt ATmega2560 as the main control chip, coupled with the high-performance USB serial converter CH340C.

3. The power pack: operating voltage is 12V-24V; double power supply design feeds for heatbed and logical part separately. The current is 15A for heatbed and 10A for other parts.

4. The main circuit adopts SMD fuse tube, the diode added to the power port can provide reverse protection to the whole circuit, in addition, the 5V USB is USB port protected with 500mA Recoverable fuse.

5 . 3 12v fan output and one PWM output for LED or other lighting equipment.

6. 3 55Amp MOSFET (with LED indicator, the actual output is restricted by the PCB board and the connector), all 3 MOSFET are equipped with heat sink to ensure sufficient heat dissipation and stable operation.

7. Support 5 A4988 stepper drivers (3 for X/Y/Z axis, and 2 for extruders); the subdivision of stepper motor can be setup by dial switch, eliminating jumper caps, easier to operate.

8. 3 temperature sensor input (100k thermistor is recommended)

9. Extended LCD and SD card interface support both LCD2004 and LCD 12864, with which you can print without your PC.

10. The firmware is the prevalent Marlin, which is known for stability, usability, and high-performance.

Update log:

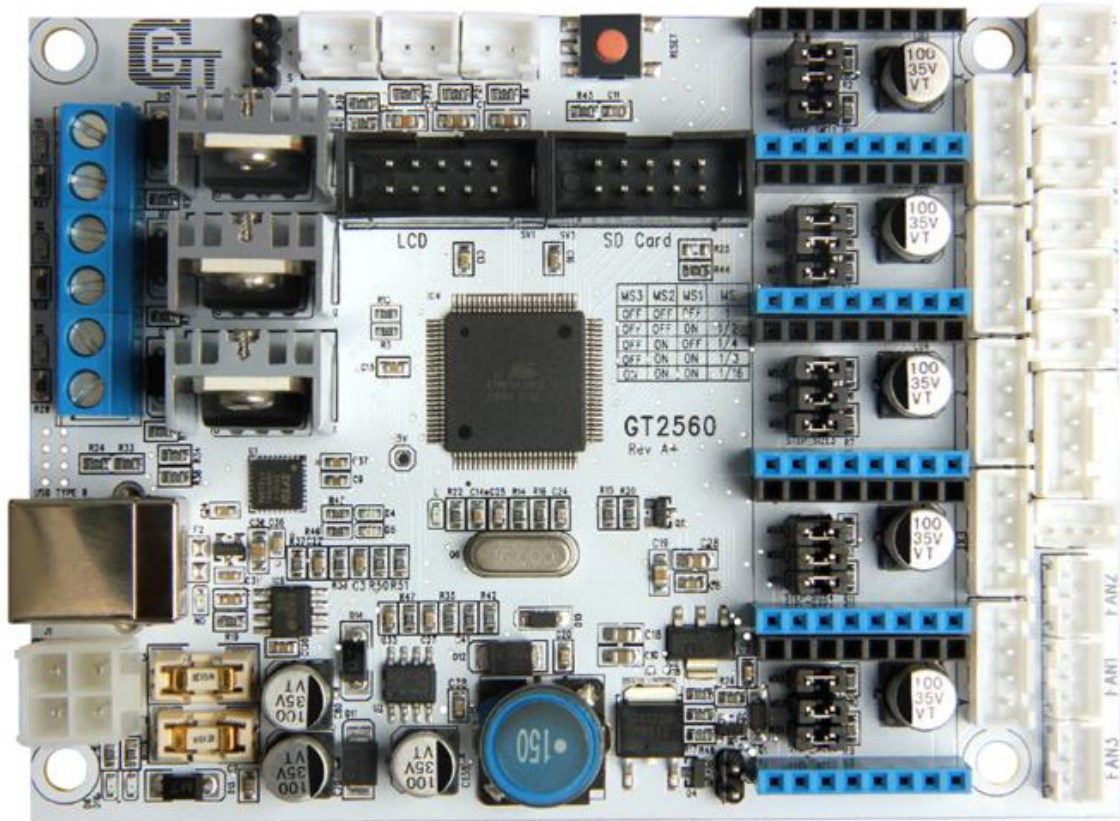
1. A 3-pin straight pin is added to connect with 3D touch auto leveling sensor.

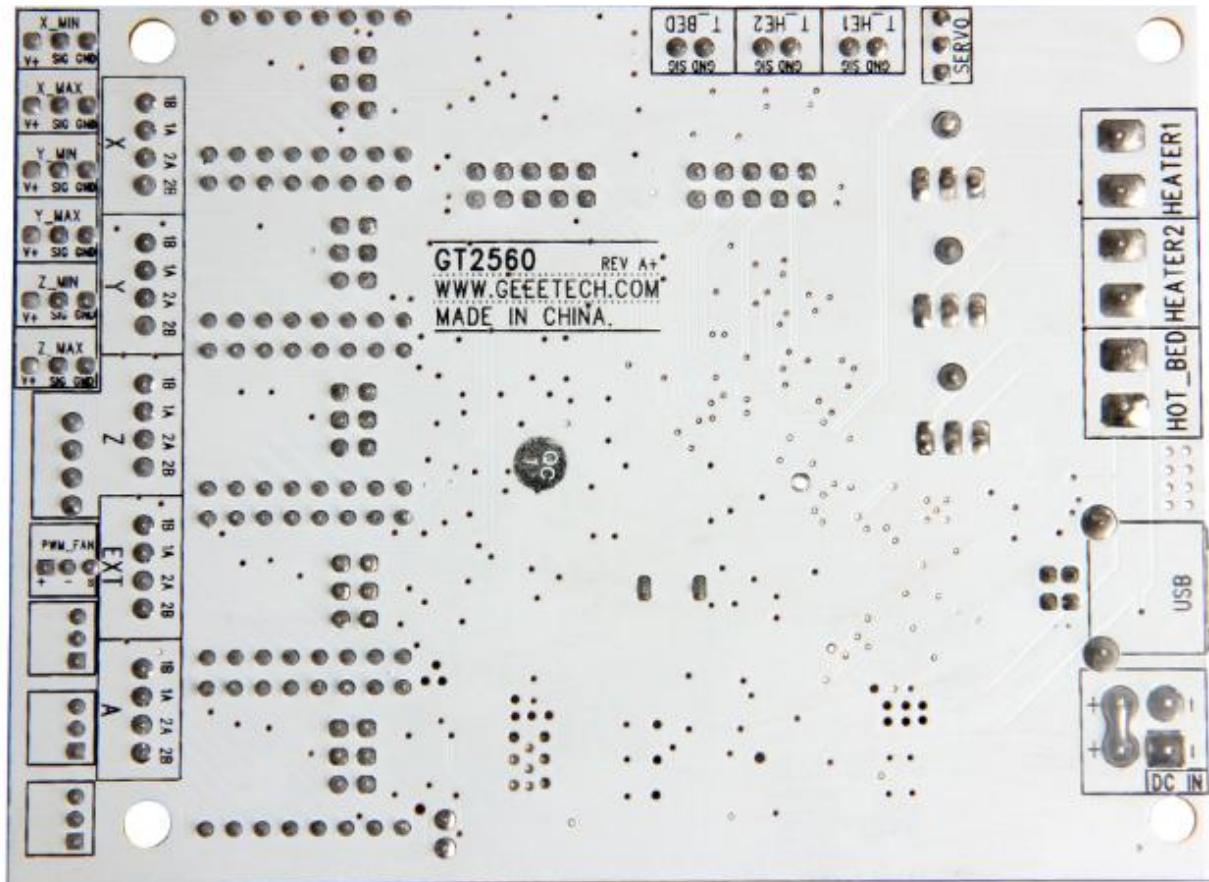
2. The USB connector will not provide 5V for the board, if you need to refresh the firmware, please provide external power supply.

3. The power port has been changed from hollow to solid one to provide higher current-carrying capability.

4. The three heater connector has been changed into blue ones: 2-pin RC301 5.0mm 15A

1.1 Overview and Hardware Resources





1-1(front and back images)

Hardware resources

12V/24V 15A and 12V/24V 10A power supply

1 power port for heatbed and 2 for extruder

5 stepper motor input, (3 for X/Y/Z axis, and 2 for extruders)

Extended LCD & SD card interface

6 endstop input(X-MIN ,Y-MIN ,Z-MIN 和 X-MAX ,Y-MAX ,Z-MAX)

3 input for thermistor (TEMP1, TEMP2 and TEMP3)

3 input for12V cooling fan

1 PWM output

Dimension: 109mm*80mm*22mm

weight : 87 g

* The specifications of Pin connectors:

Motor: XH (2.54mm-4pin)

Fan: PH (2.00mm-3pin)

Endstop and thermistor: XH (2.54mm-2pin)

1.2 Software Resources

Compiling environment: Arduino IDE

Firmware: Marlin

Host software : [Easy print](#) Repeater-Host

1.3 Source

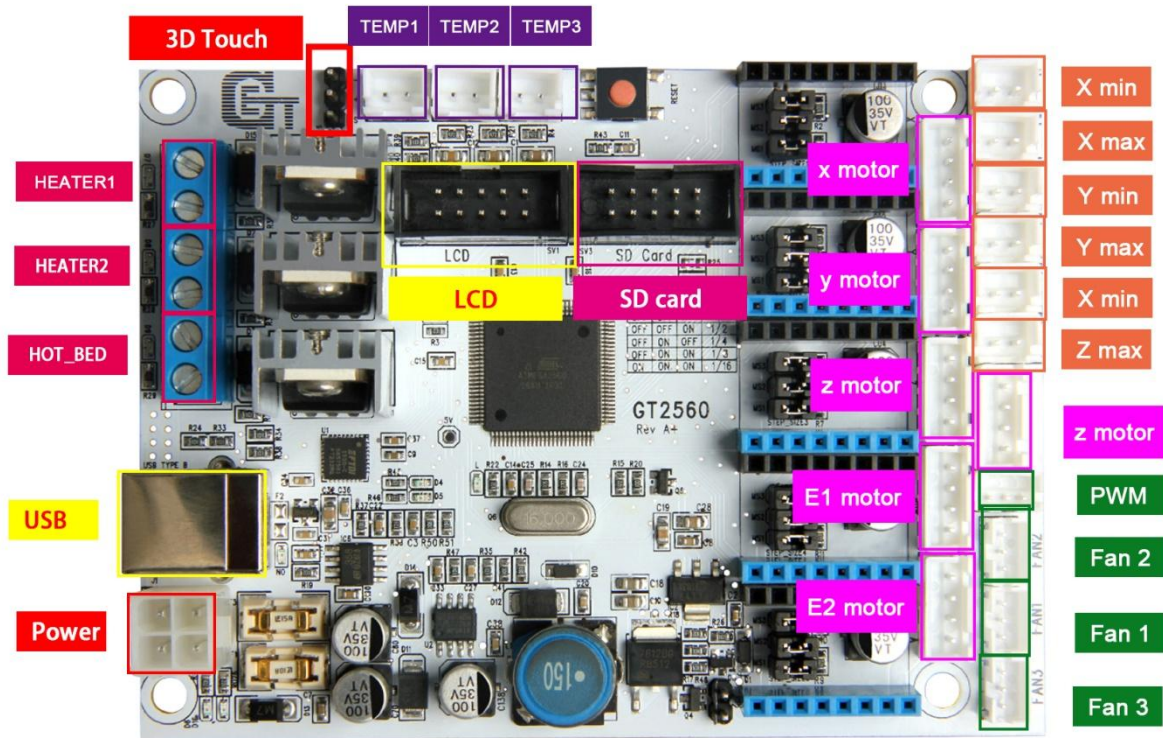
Arduino IDE : <http://www.geeetech.com/wiki/index.php/Download>

Marlin : http://www.geeetech.com/wiki/images/3/39/Marlin-Marlin_v1.zip

Repetier-Host : http://www.geeetech.com/wiki/images/3/36/SetupRepetierHost_1_00.zip

2 Interfaces

2.1 Interface Layout



2-1

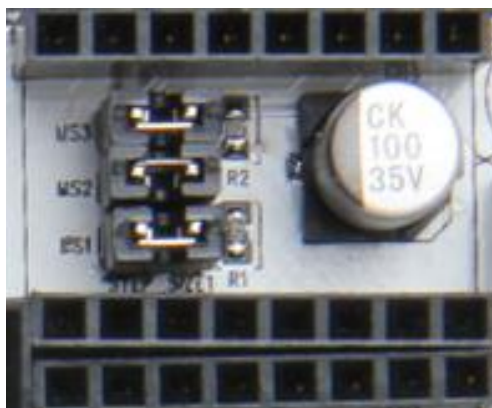
2.2 Interface specifications

1. DC IN : 12V-24V 15A and 12V-24V 10A
2. HOT_BED: heat bed
3. HEATER1: power supply for extruder 1
4. HEATER2: power supply for extruder 2

5. LCD ENCODER : LCD panel
6. SD Card
7. X_MIN/X_MAX/Y_MIN /Y_MAX /Z_MIN /Z_MAX: 6 end stop input, XH2.54-2Pin
8. TEMP1: temperature sensor for extruder 1, XH2.54-2Pin
9. TEMP2: temperature sensor for extruder 2, XH2.54-2Pin
10. TEMP3: temperature sensor for heatbed, XH2.54-2Pin
11. X,Y,Z : Stepper motors for X, Y, Z axis, XH2.54-4Pin
12. EXT1, EXT2(A) : Stepper motors for extruder 1 and extruder 2, XH2.54-4Pin
13. FAN1 , FAN2 , FAN3 : 3 12V cooling fans, PH2.0-3Pin
- 14.1 PWM: PWM output for cooling fan, FAN: PH2.0-3Pin

2.3 subdivision of stepper motor

Use jumper caps to subdivide stepper motor. When jumper cap is plugged, it is ON.



2-2

1. Subdivision on the base of A4988 stepper driving module:

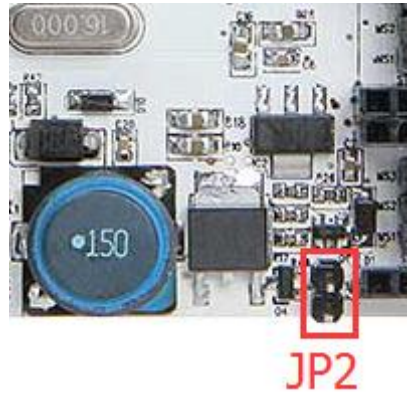
Turn ON/OFF			Subdivision
MS1	MS2	MS3	
OFF	OFF	OFF	full step
ON	OFF	OFF	1/2 step
OFF	ON	OFF	1/4 step
ON	ON	OFF	1/ 8 step
ON	ON	ON	1/16 step

2. Subdivision on the base of Drv8825 stepper driving module:

Turn	ON/OFF		Subdivision
MS1	MS2	MS3	
OFF	OFF	OFF	full step
ON	OFF	OFF	1/2 step
OFF	ON	OFF	1/4 step
ON	ON	OFF	1/ 8 step
OFF	OFF	ON	1/16 step
ON	OFF	ON	1/32 step
OFF	ON	ON	1/32 step
ON	ON	ON	1/32 step

2.4 Fan connection

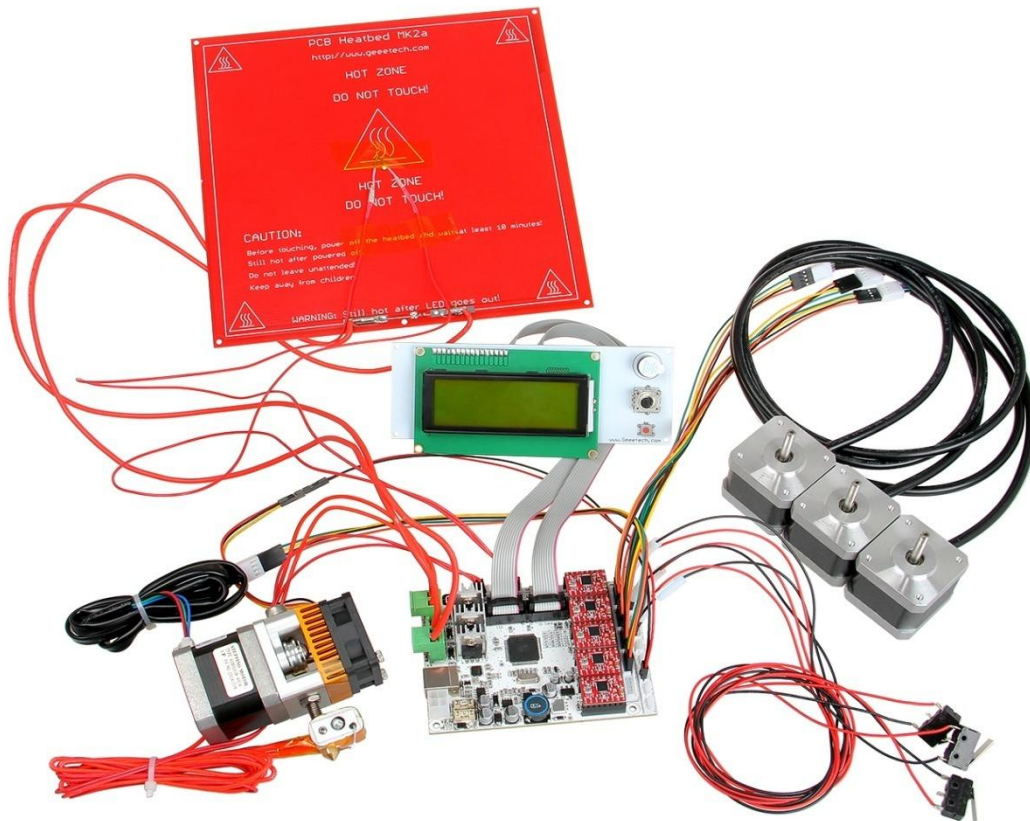
As default, no matter the power supply is 12V or 24V; you need to connect the 12V fan as there is a separate chip that can provide power supply for the fan. If you choose the 24V fan and 24V power supply, you need to connect the JP2 with jumper cap. As shown in the picture.



Note: this function is only available for versions after REV A.

3 Development Environment setting

3.1 Interface Connecting and Setting



3-1

Note:

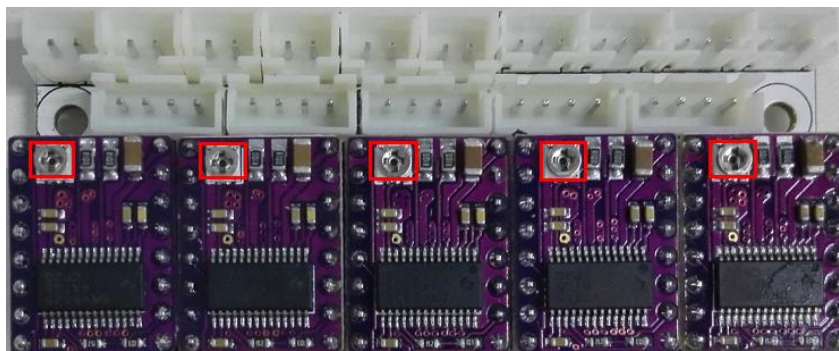
Pay attention to the Plus-n-Minus of the power connector, reverse connection can cause irrevocably damages.

A4988 should also be connected to the right port, mismatches and reversed directions can cause damage to the main board. You can the correct connections are as follow:



3-2

If you are using DRV8825 instead of A4988, The correct connections are as follow:



3-3

3. You are suggested to connect all the Periphery modules before testing.

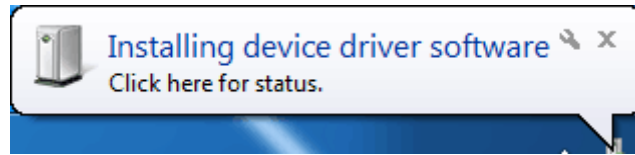
3.2 Software setting

CH340C Driving Installation:

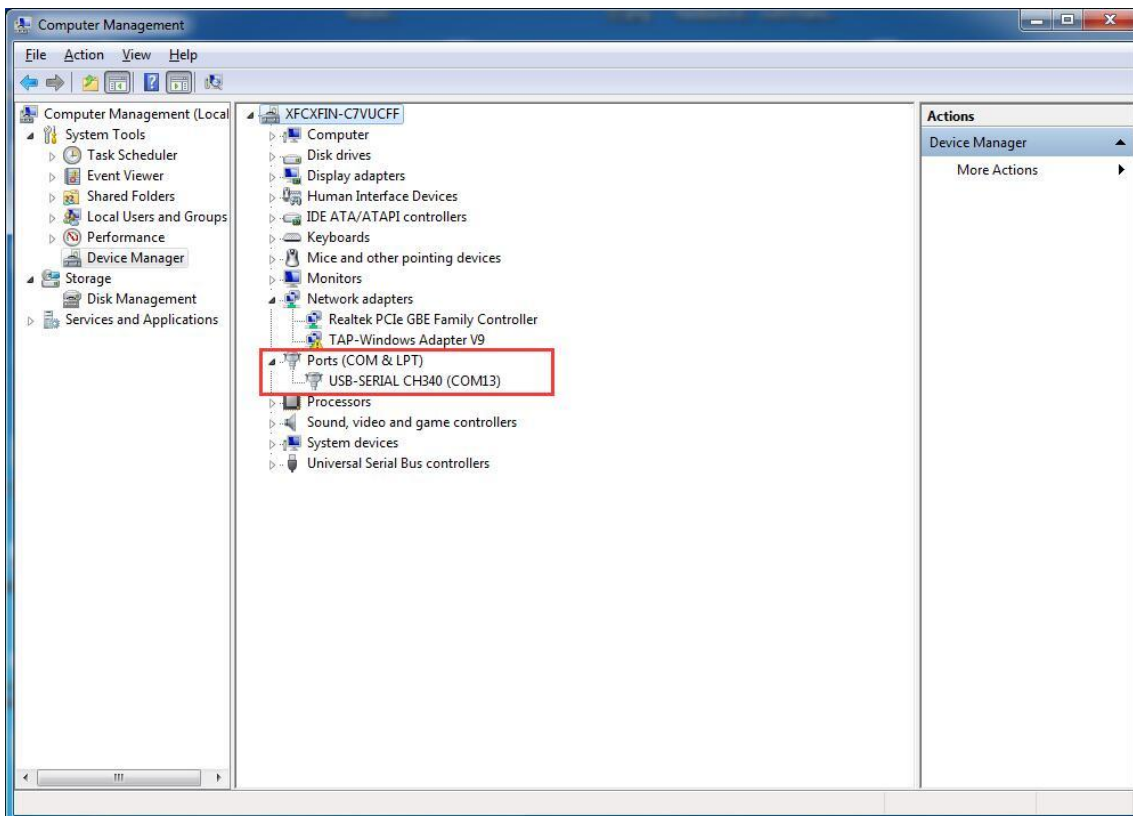
Connect the printer to computer with USB cable. The motherboard driver installer will automatically appear. Please check the following steps.

1. When you connect your printer to computer with a USB cable. The following dialog box will

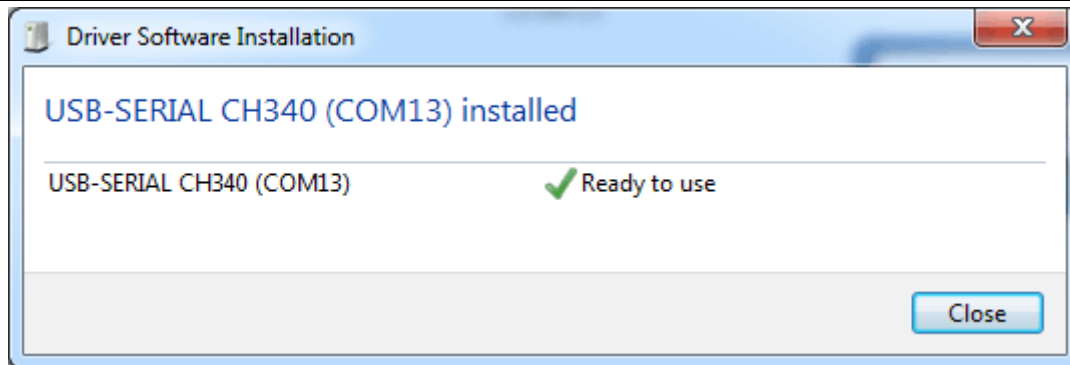
appear.



2. In the Arduino IDE when the CH340C is connected you will see a COM Port in [Device manager]. The COM number for your device may vary depending on your system.

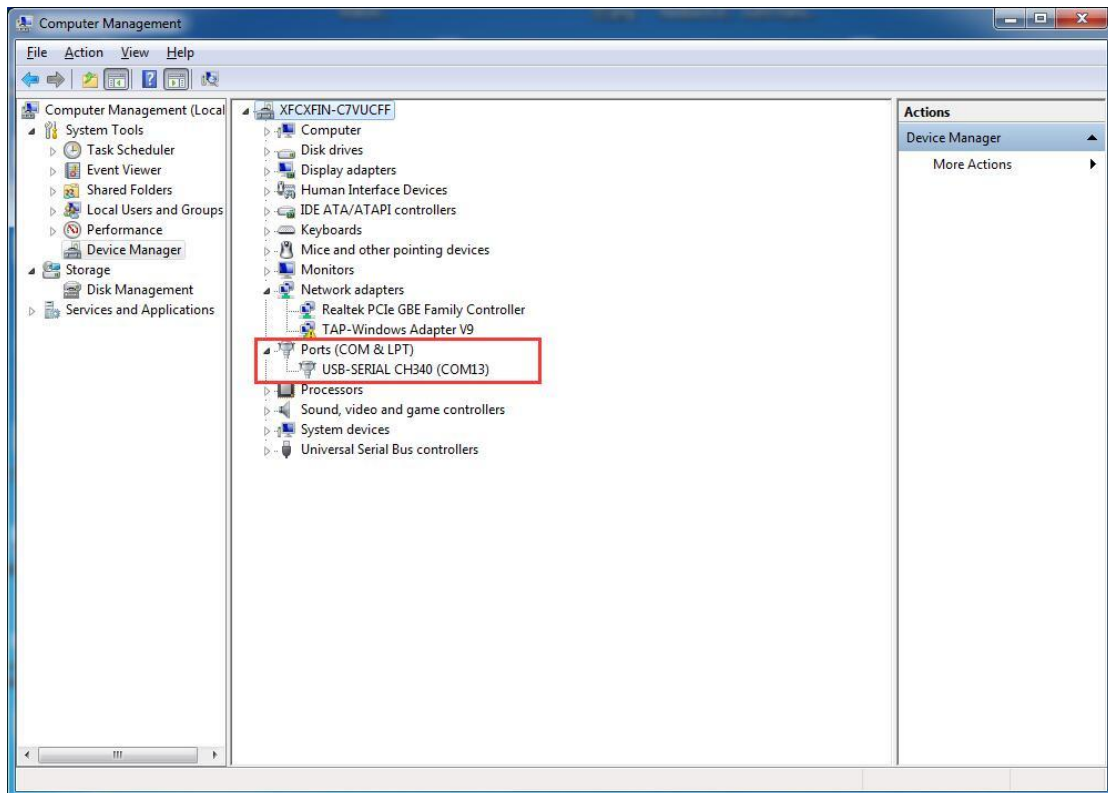


3. After successful installation, a pop-up box will appear as follows.

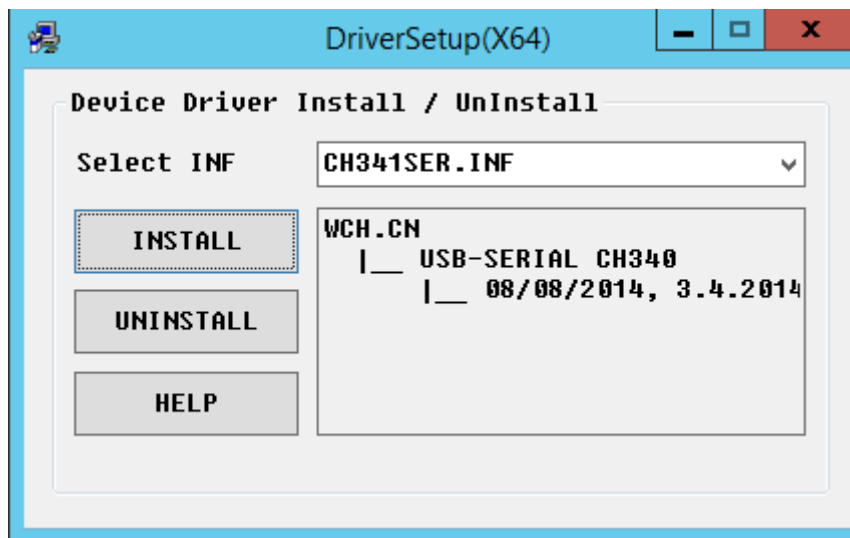


Note: If the driver fails to install automatically, you can finish the installation job manually. Here are the detailed steps.

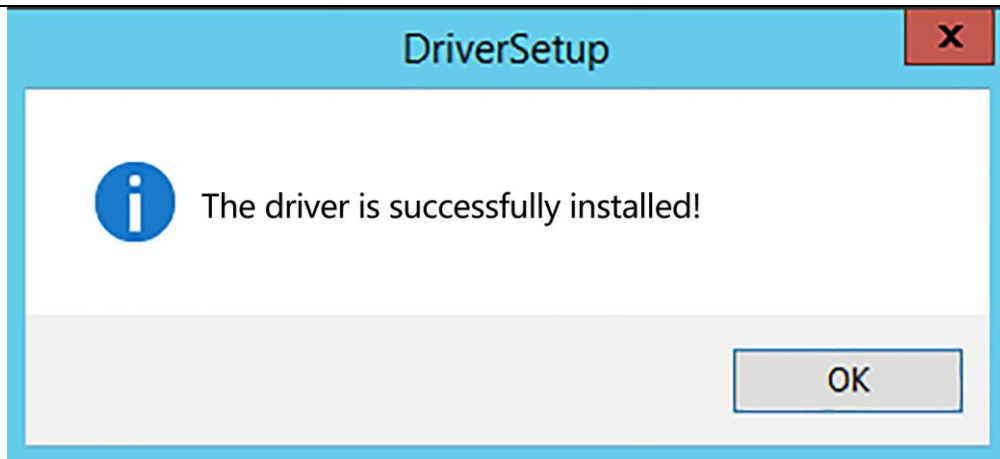
1. Download CH340C here, which is the driver of GT2560:
http://www.wch.cn/download/CH341SER_EXE.html (Windows OS)
http://www.wch.cn/download/CH341SER_MAC_ZIP.html (MAC OS)
http://www.wch.cn/download/CH341SER_LINUX_ZIP.html (LINUX OS)
2. Unzip the file.
3. Run the installer which you unzipped.
4. In the Arduino IDE when the CH340C is connected you will see a COM Port in [Device manager]. The COM number for your device may vary depending on your system.



5. Click [Install] to continue.

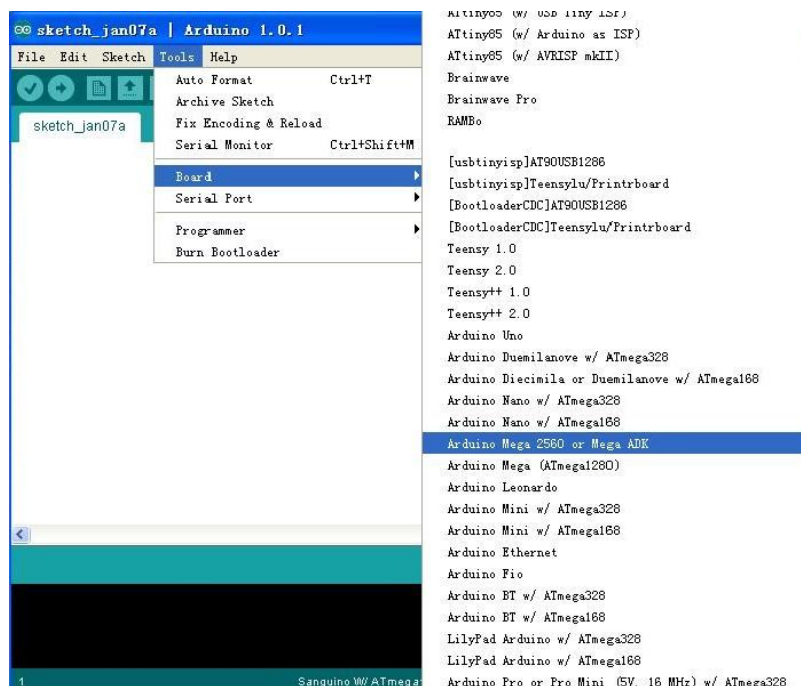


6. After successful installation, a pop-up box will appear.



3.3 File Burning

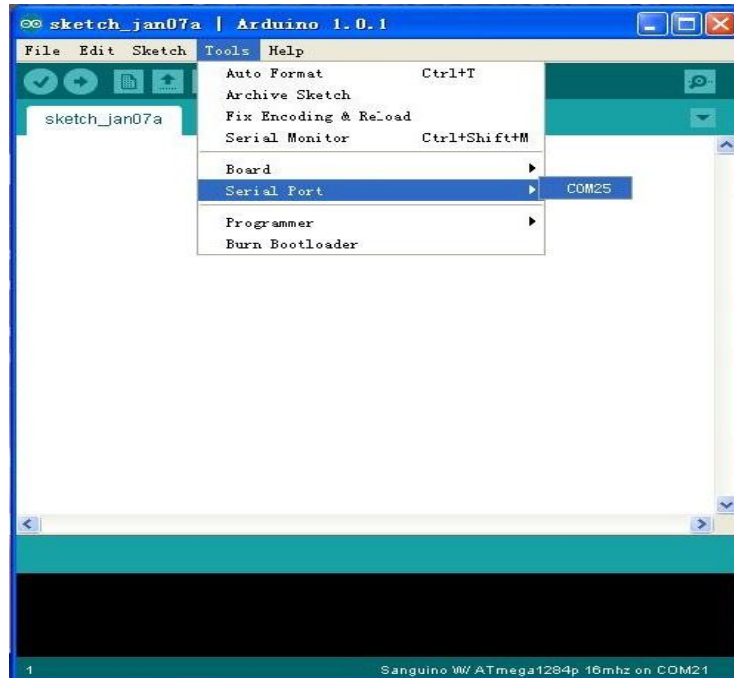
Windows users need install driver before uploading. The board: Tools > Board > Arduino Mega 2560 or Mega ADK, as shown below.





3-10

Configuring serial interface: Tools > Serial Port > the corresponding COM Port of GT2560 usually

the last one. As shown below



3-11

Load in the file you need to burn, Click the “check ()” button to check if it is right and then click the “  ” button to upload firmware, as shown below.

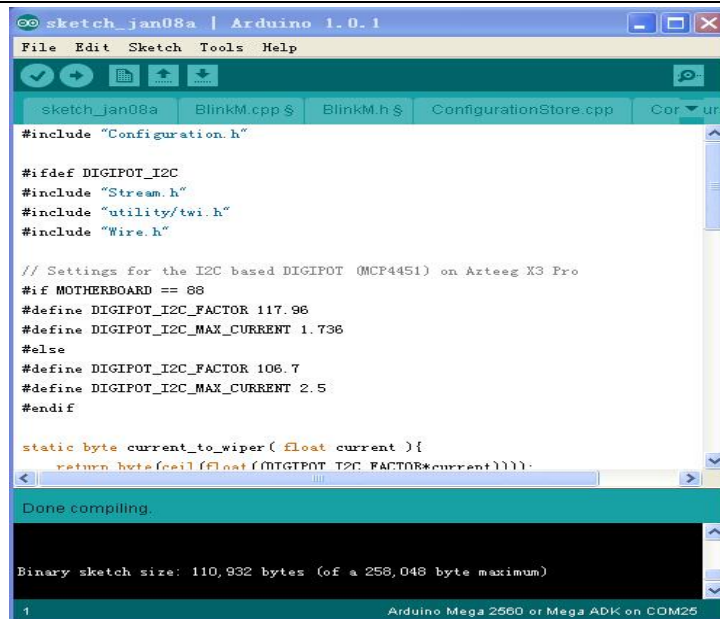
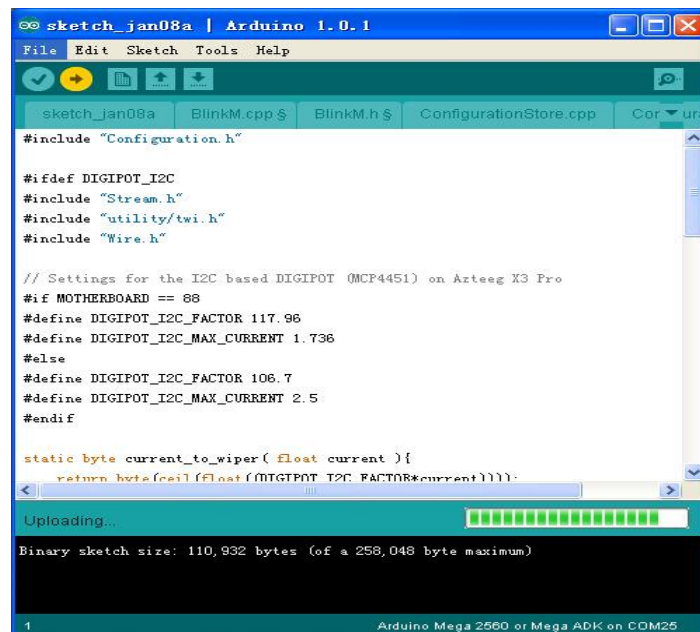
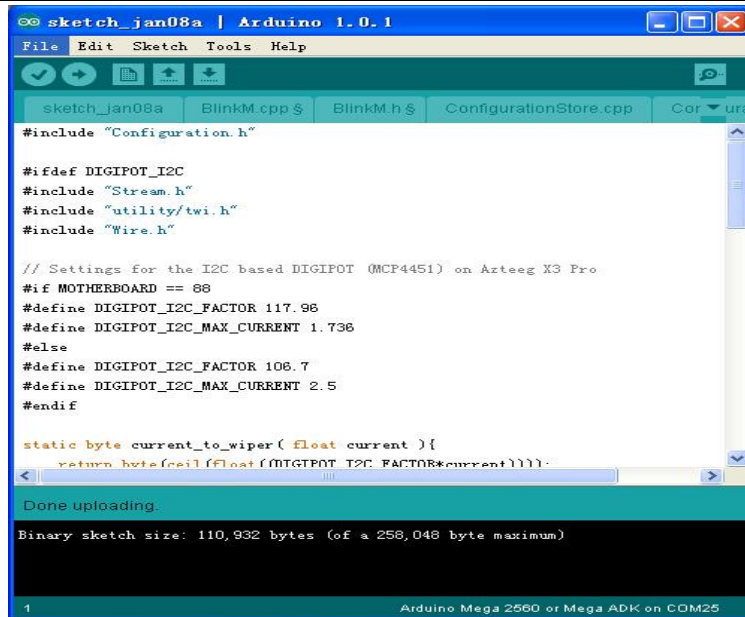


图 3-12



3-13

Upon uploading, the LED indicator corresponding to the TX, RX and L on the GT2560 will blink, if they stop blinking, it means the file has been uploaded successfully.



```
sketch_jan08a | Arduino 1.0.1
File Edit Sketch Tools Help
sketch_jan08a BlinkM.cpp $ BlinkM.h $ ConfigurationStore.cpp Cor...ura
#include "Configuration.h"

#ifdef DIGIPOT_I2C
#include "Stream.h"
#include "utility/twi.h"
#include "Wire.h"

// Settings for the I2C based DIGIPOT (MCP4451) on Azteeg X3 Pro
#if MOTHERBOARD == 88
#define DIGIPOT_I2C_FACTOR 117.96
#define DIGIPOT_I2C_MAX_CURRENT 1.736
#else
#define DIGIPOT_I2C_FACTOR 106.7
#define DIGIPOT_I2C_MAX_CURRENT 2.5
#endif

static byte current_to_wiper( float current ){
    return byte(ceil(float(DIGIPOT_I2C_FACTOR*current)));
}

Done uploading.
Binary sketch size: 110,932 bytes (of a 258,048 byte maximum)
1 Arduino Mega 2560 or Mega ADK on COM25
```

3-14

After uploading, you can go on to the next step. If you cannot upload, check the dialog box below to identify the problem and solve it. The common mistakes are the wrong select of type of board or serial port etc.

4 Get Started

GT2560 is the CPU of a 3D printer, manipulating the whole process of printing. GT2560 can't be put in use directly without uploading firmware.

1. Firmware uploading- marlin.
2. Setting parameters of the firmware

The parameters that need setting are as below, for those not mentioned just leave them as default.

```
#define BAUDRATE 250000
```

This parameter is for the baud rate of serial port. Note: a successful communication can be realized

only when the Baud rate of upper computer is identical with that of Firmware. The Baud rate is not set in random. The common Baud rate are: 2400, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 250000. The last three are frequently used for 3D Printer.

```
#define MOTHERBOARD 7
```

This parameter is set for board type. 3D Printer has many types of main board, and the settings of IOs are different, therefore, the parameter has to correspond to the type of your board, or it can't operate normally. The parameter of GT2560 should be 7(single- nozzle). For other board, you can refer to the annotation on the board.

```
#define TEMP_SENSOR_0 1
```

```
#define TEMP_SENSOR_BED 1
```

The two parameters are set for the type of temperature sensor respectively. They are the critical parameter to check if the sensor read temperature correctly. The printer can't operate normally, even has potential risk (damage the device and even worse). You must modify depending on the temperature sensor you use.

```
#define EXTRUDE_MINTEMP 170
```

This parameter is set to avoid potential risks when the extruder operates before reaching the rated temperature. If you use other 3D Printer, such as printer to make Chocolates, 45°C is appropriate, so that the parameter configured to a lower value(such as 40°C).

```
const bool X_ENDSTOPS_INVERTING = true;
```

```
const bool Y_ENDSTOPS_INVERTING = true;  
const bool Z_ENDSTOPS_INVERTING = true.
```

The three parameters are set for the end stops of three axes. If the configuration is true, the end stop outputs 1 in default condition, and outputs 0 when triggered. That is to say, mechanical end stop should connect to the NO (normally open) contactor. If it is connected to the NC (normally closed), true should be changed to false.

```
#define INVERT_X_DIR false  
#define INVERT_Y_DIR true
```

Mistakes are often made in the above two parameters. The parameters are different for different machinery. In principle, the origin should be at lower-left corner of the print platform (origin: [0, 0]), or at up-right corner (origin: [max, max]). Only in this way will the printing be correct, otherwise, the printing is the mirror image of one axis which is not what expected.

```
#define X_HOME_DIR -1  
#define Y_HOME_DIR -1  
#define Z_HOME_DIR -1
```

If the position of the origin is the minimum, the parameter is -1; if it is the maximum, the parameter is 1.

```
#define X_MAX_POS 205  
#define X_MIN_POS 0  
#define Y_MAX_POS 205
```



```
#define Y_MIN_POS 0  
#define Z_MAX_POS 200  
#define Z_MIN_POS 0
```

These parameters are crucial to the printing size. Fill in parameters by reference to the coordinate graphs. It is important to note that the origin is not the printing center and the real printing center usually lies at $[(x.max - x.min)/2, (y.max - y.min)/2]$. The coordinate of central will be used in the slice tool. The printing center's coordinate must correspond to the parameter configuration, or it will print to the outside of the platform.

```
#define HOMING_FEEDRATE {50*60, 50*60, 4*60, 0}
```

The parameter means the homing speeds (mm/min). This parameter can be set as default if you use the x-axis and y-axis adopt synchronous belt drive and z-axis adopts screw drive.

```
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT {85.3333, 85.3333, 2560, 158.8308}
```

These parameters are crucial to the printing size. These parameters indicate the pulse the axis need when operating 1mm. they are corresponding to x, y, z axis and extruder respectively. In most cases these figure should be calculated by yourself, you can refer to:

<http://calculator.josefprusa.cz/#steppers>.

So far, the commonest parameters have been configured and the printer can work now. In addition, if the 2004 LCD needs verifying, you should delete the “//” from “//#define REPRAP_DISCOUNT_SMART_CONTROLLER” to ensure the normal working.

5 FAQ

1. How many extruders can GT2560 support?

At most 2 extruders, GT2560 supports 5 A4988 stepper motor drivers, they are X/Y/Z axis and 2 extruders.

2. What is the power required?

You need to use the 12V-24V power supply, and if you are using the single extruder one, the total power is no less than 200W, if you are using the dual extruder one, the total power is no less than 240W.

3. The stepper motor on for the extruder doesn't turn?

By default in the firmware, only when the temperature of the extruder reaches 170 °C can the motor turn.

3DTouch Auto Leveling Sensor

User Manual



1. Introduction

3DTouch is an auto leveling sensor for 3D Printers that can precisely measure the tilt of your print surface. It can greatly improve the printing precision of your 3D Printer.

3DTouch features simple, smart and precise. It could work with nearly any kind of bed materials, such as glasses, woods, metals and so on.

The main functions and controls of 3DTouch are the same as most auto bed leveling sensors, which consists of a RC servo and a micro switch, thus, 3DTouch can be used on almost every 3D printer control board.

By using progressively designed solenoid and hall sensor, 3DTouch can integrate high precision in such a simple structure. To make it more user-friendly and to bring you more enjoyable printing experience we add many smart functions such as self-test, false alarm, alarm release and test mode for M119.

Features:

1 Simple

3DTouch can be easily applied, since it has a small and simple structure. Gathering information & firmware setting will be an easy task, because 3DTouch works as usual auto bed leveling sensor.

2 Smart

Self-test: The push pin is operated three times to test when the power is on

Alarm: The LED light blinks if a problem found on a self-test or on an operation

3 High-precision

3DTouch's Standard Deviation in repeatability is around 0.005mm, at that precise.

If you choose 3DTouch, your 3D printer will be high-class masterpiece, giving you an enjoyable experience.

4. Innovative Solenoid: Ultra Power Saving

On idle state, while the push-pin is whether pulled out or retracted, there are not any electric current flowing on solenoid, and standby electric current in the whole device is below 15mA on average, whereas on working state, while the pin is moving in sudden about 100ms, under 300mA flows in the device.

Low power consumption even further drops joule heating, preventing from heat problem.

5 Technologies

3DTouch consists of Atmel ATtiny13A, solenoid, and a push pin.

6 wide Selection of Bed

3DTouch does not uses either optical, nor proximity (inductive/capacitive) sensor.

3DTouch is controlled by Hall Effect, providing high precision. Thus the bed material can be selected freely.

7 Optimized structure: Larger Build Size

3DTouch is a small and technology-intensive one. Build size can be set larger than other existing auto bed leveling sensor.

3DTouch uses existing RC Servo motor signal intactly, so just plug 3DTouch on the same pins after removing servo motor.

Specifications:

Voltage: 5V

Current: 15mA

Max. Current: 300mA

Cable length: 150mm

Net Weight: 10g

Shipping weight: 25g

Wiring

3-pin: Brown (-, GND), Red (+5V), Orange (control signal)

2-pin: Black (-, GND), White (Z min)

Wiring:

Brown (-, GND)

Red (+5V)

Orange (control signal)

Black (-, GND)

White (Z min)



2. How to use it

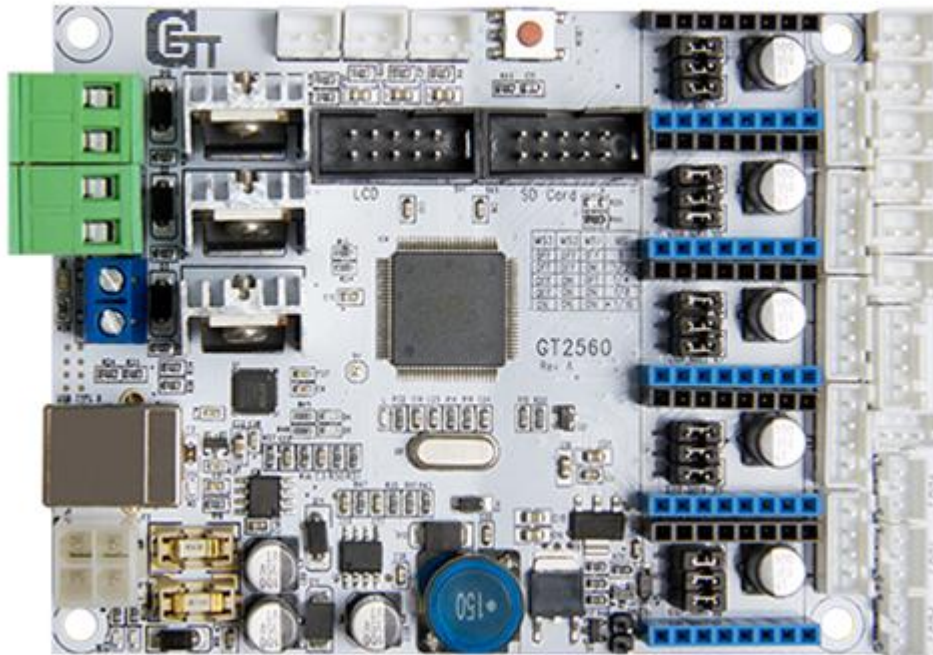
2.1 mount the 3D Touch sensor

So far we have successfully tested our 3D Touch sensor on Geeetech Prusa I3 pro B, Pro C and Pro X.

Here is a detailed instructions on how to use the 3D Touch sensor to your geeetech pro B. For pro C and pro X, the steps are the same.

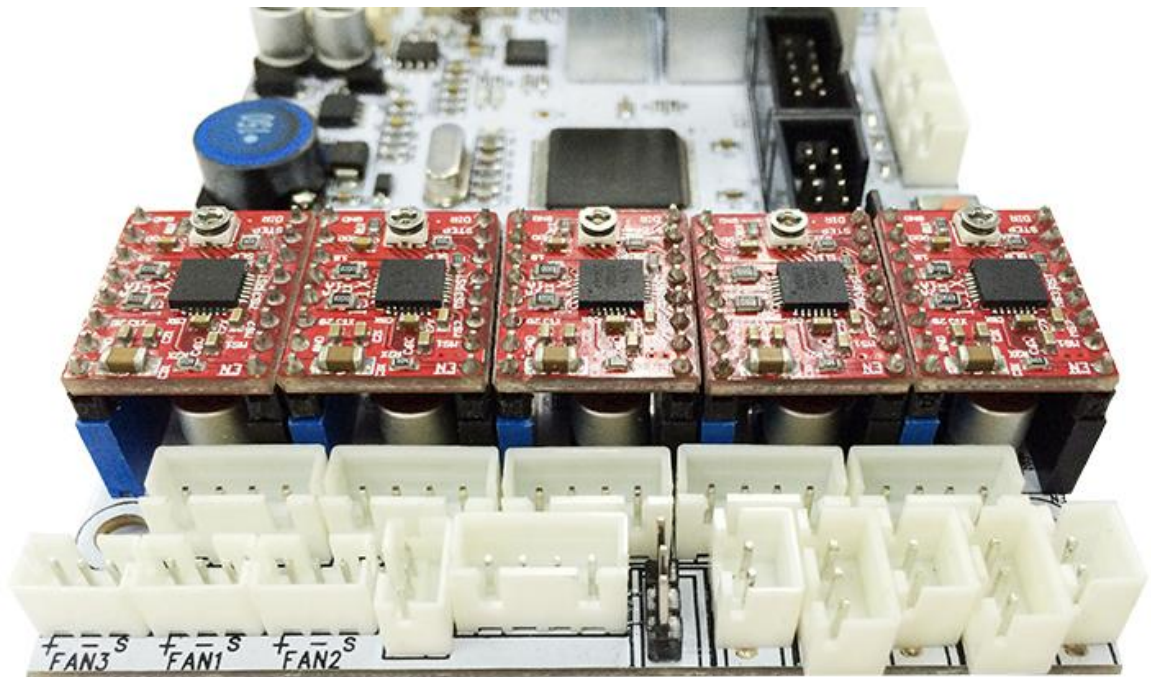
You will need a suitable mount to attach the 3D Touch sensor to your printer. Here is a 3D Touch sensor mount:

GT2560 Rev A

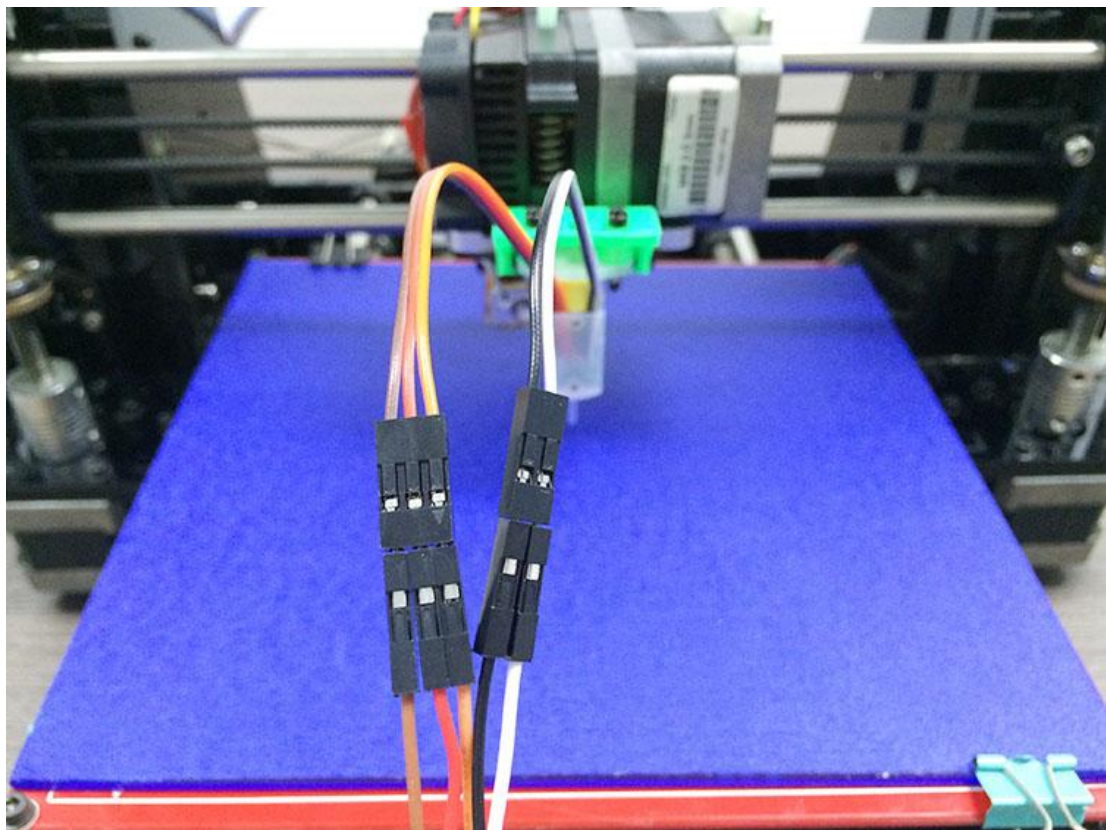


There are several ways to connect the 3DTouch Auto Leveling sensor to GT2560, here is the easiest way.

Step1. Remove the Z max connector from the board and replace it with a 3Pin Straight Pin. **You need to use soldering iron here.**



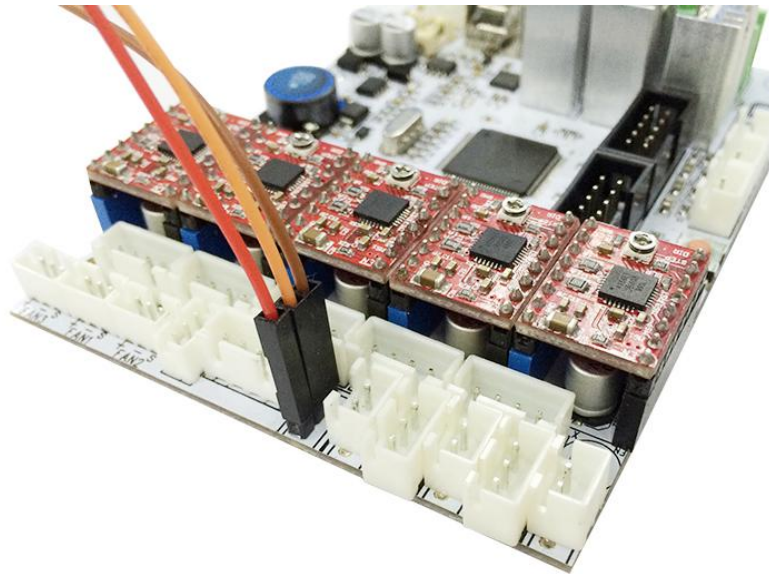
Step2. Use DuPont wire to extend the wires of 3DTouch. It doesn't matter if you cannot find the wires with the same color, but do not mix the wires up.



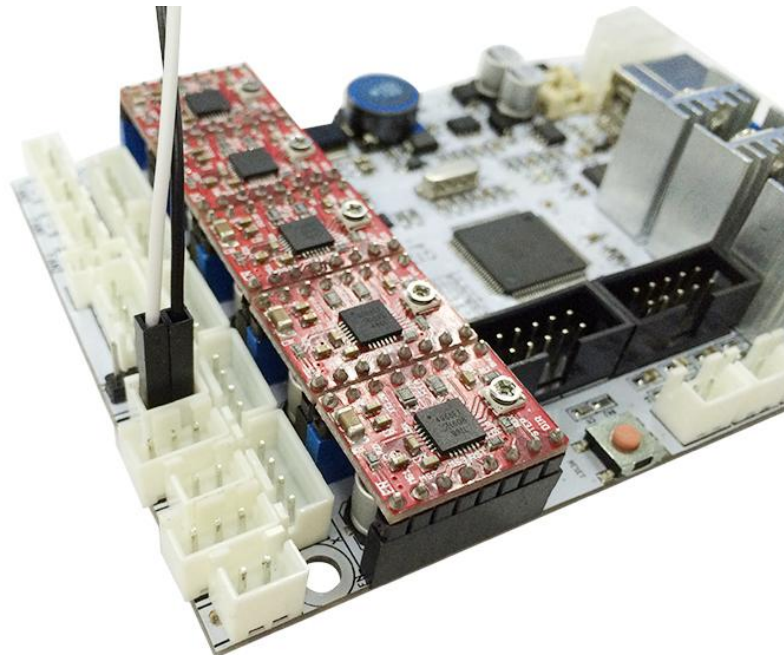
Step3. Connect the extended wire to the GT2560 control board.

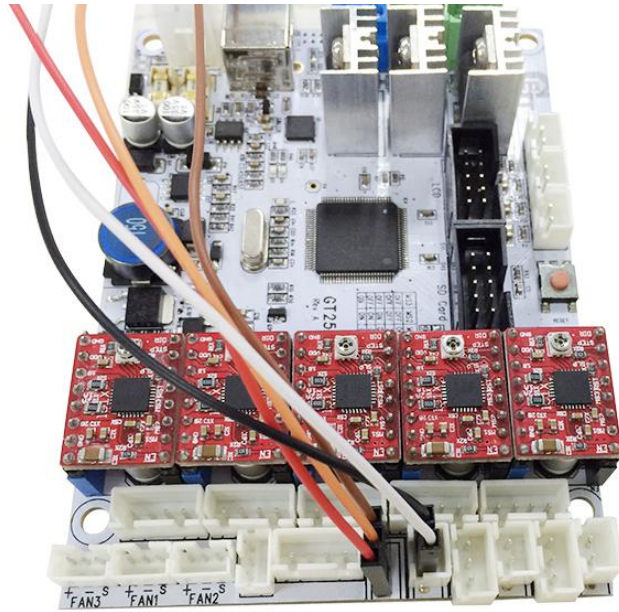
Connect the 3 pin wire to the Z max pin.

3-pin: Brown (-, GND) Red (+5V) Orange (control signal)



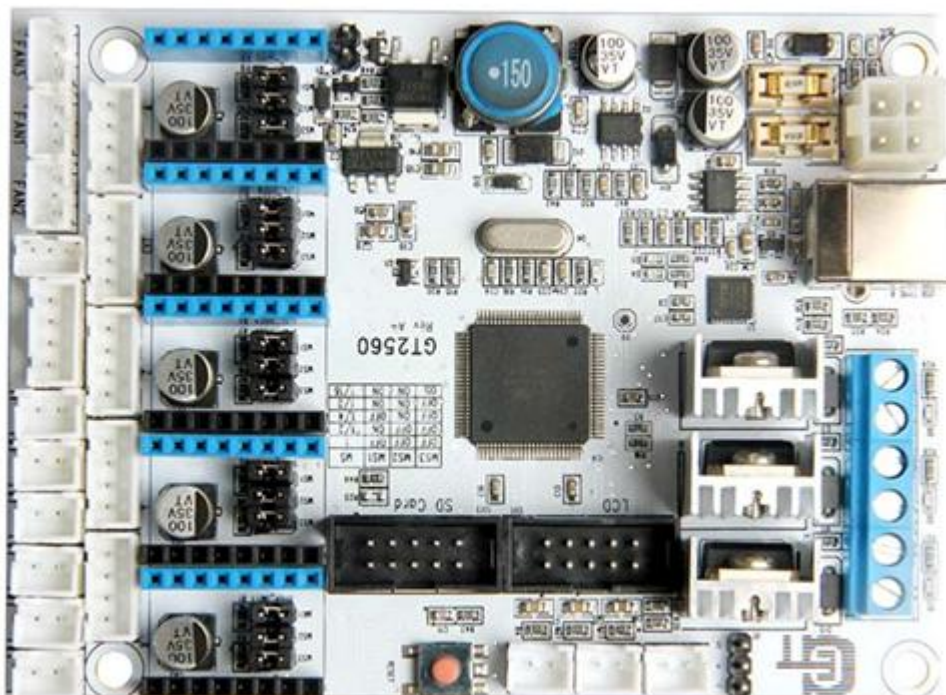
Connect the 2 pin wire to the Z min pin.





Note the wire order.

GT2560 rev A+

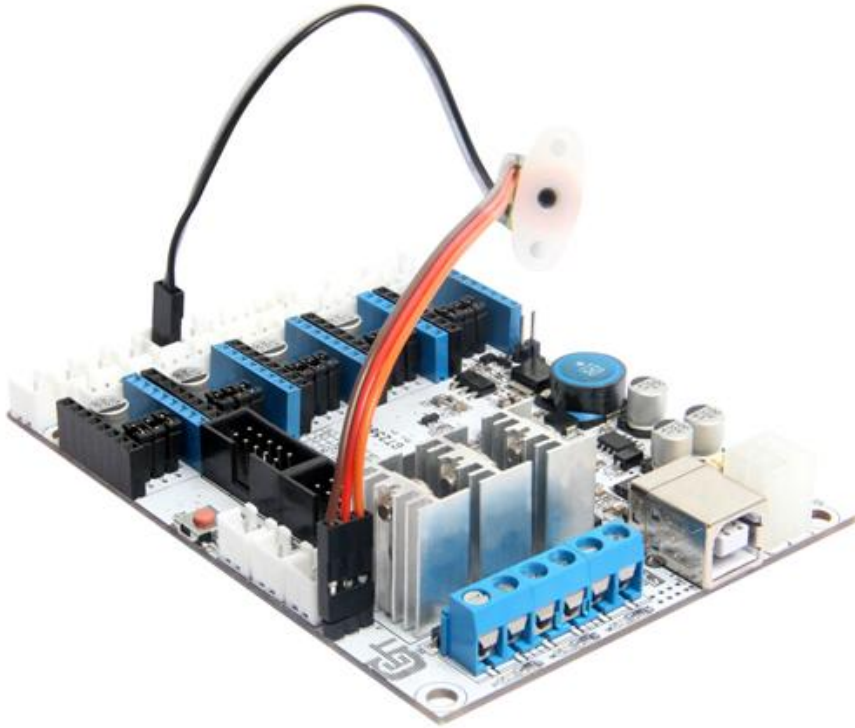


Update:

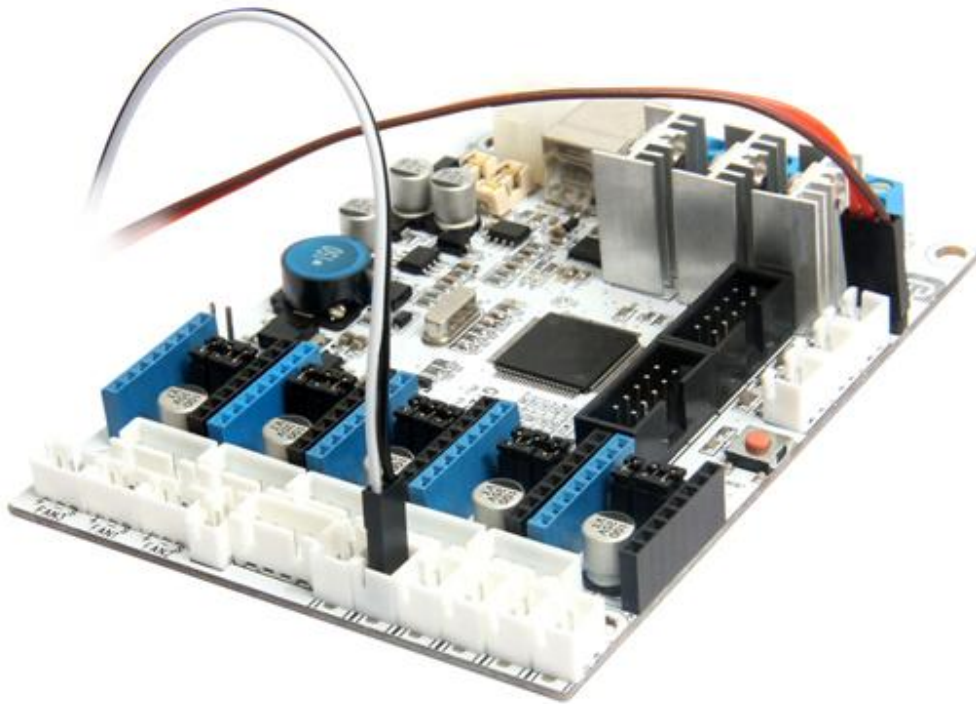
1. A 3-pin straight servo pin is added to connect with 3D touch auto leveling sensor which saves you from soldering.



1. Connect the 2 pin to servo. Note the wire order: it is Brown-Red-Orange from Outside-to-inside.



2. Connect the 2-pin wire to **Z-min**. Note the wire order: it is White-Black from Outside-to-inside.



- When using 3DTouch Auto Leveling sensor, you do not need to connect the original Z min end stop wires.

That's all for the wiring of the 3DTouch Auto Leveling sensor and GT2560.

2.3. Firmware setting

Changes need to be made for the configuration file in the Marlin source code for 3DTouch. The required changes are similar to how you would setup a mechanical servo sensor.

The firmware setting for the Prusa I3 pro B, pro C and pro X are most the same. To download the firmware, please visit [here](#).

Step1. Open the firmware in ArduinoIDE, find the following code in *Configuration.h*:

www.geeetech.com



```

/*****\
* R/C SERVO support
* Sponsored by TrinityLabs, Reworked by codexmas
*****/

// Number of servos
//
// If you select a configuration below, this will receive a default value and does not need to be set manually
// set it manually if you have more servos than extruders and wish to manually control some
// leaving it undefined or defining as 0 will disable the servo subsystem
// If unsure, leave commented / disabled
//
// #define NUM_SERVOS 3 // Servo index starts with 0 for M280 command

// Servo Endstops
//
// This allows for servo actuated endstops, primary usage is for the Z Axis to eliminate calibration or bed height changes.
// Use M206 command to correct for switch height offset to actual nozzle height. Store that setting with M500.
//
// #define SERVO_ENDSTOPS {-1, -1, 0} // Servo index for X, Y, Z. Disable with -1
// #define SERVO_ENDSTOP_ANGLES {0,0, 0,0, 70,0} // X,Y,Z Axis Extend and Retract angles

```

Step2. Change the content in the red box as follow:

```

// Number of servos
//
// If you select a configuration below, this will receive a default value and does not
need to be set manually
// set it manually if you have more servos than extruders and wish to manually control
some
// leaving it undefined or defining as 0 will disable the servo subsystem
// If unsure, leave commented / disabled
//
// #define NUM_SERVOS 1 // Servo index starts with 0 for M280 command

// Servo Endstops
//
// This allows for servo actuated endstops, primary usage is for the Z Axis to eliminate

```


calibration or bed height changes.

// Use M206 command to correct for switch height offset to actual nozzle height.

Store that setting with M500.

//

#define SERVO_ENDSTOPS {-1, -1, 0} // Servo index for X, Y, Z. Disable with -1

#define SERVO_ENDSTOP_ANGLES {0,0, 0,0, 10,90} // X,Y,Z Axis Extend and Retract angles

Step2. Find the codes regarding to Bed Auto Leveling in *Configuration.h*.



```
Marlin | Arduino 1.0.1
File Edit Sketch Tools Help
Marlin BlinkM.cpp BlinkM.h Configuration.h ConfigurationStore.cpp ConfigurationStore.h Configuration_adv.h DOGMbitmaps.h
#define Z_MAX_LENGTH (Z_MAX_POS - Z_MIN_POS)
//===== Bed Auto Leveling =====
// #define ENABLE_AUTO_BED_LEVELING // Delete the comment to enable (remove // at the start of the line)
#define Z_PROBE_REPEATABILITY_TEST // If not commented out, Z-Probe Repeatability test will be included if Auto Bed Leveling is Enabled.

#ifdef ENABLE_AUTO_BED_LEVELING
|
// There are 2 different ways to pick the X and Y locations to probe:

// - "grid" mode
//   Probe every point in a rectangular grid
//   You must specify the rectangle, and the density of sample points
//   This mode is preferred because there are more measurements.
//   It used to be called ACCURATE_BED_LEVELING but "grid" is more descriptive

// - "3-point" mode
//   Probe 3 arbitrary points on the bed (that aren't colinear)
//   You must specify the X & Y coordinates of all 3 points

#define AUTO_BED_LEVELING_GRID
// with AUTO_BED_LEVELING_GRID, the bed is sampled in a
// AUTO_BED_LEVELING_GRID_POINTSxAUTO_BED_LEVELING_GRID_POINTS grid
// and least squares solution is calculated
// Note: this feature occupies 10'206 byte
#ifdef AUTO_BED_LEVELING_GRID

// set the rectangle in which to probe
#define LEFT_PROBE_BED_POSITION 15
#define RIGHT_PROBE_BED_POSITION 170
#define BACK_PROBE_BED_POSITION 180
#define FRONT_PROBE_BED_POSITION 20
```

```

Marlin | Arduino 1.0.1
File Edit Sketch Tools Help

Marlin BlinkM.cpp BlinkM.h Configuration.h ConfigurationStore.cpp ConfigurationStore.h Cor

// set the number of grid points per dimension
// I wouldn't see a reason to go above 3 (=9 probing points on the bed)
#define AUTO_BED_LEVELING_GRID_POINTS 2

#else // not AUTO_BED_LEVELING_GRID
// with no grid, just probe 3 arbitrary points. A simple cross-product
// is used to estimate the plane of the print bed

#define ABL_PROBE_PT_1_X 15
#define ABL_PROBE_PT_1_Y 180
#define ABL_PROBE_PT_2_X 15
#define ABL_PROBE_PT_2_Y 20
#define ABL_PROBE_PT_3_X 170
#define ABL_PROBE_PT_3_Y 20

#endif // AUTO_BED_LEVELING_GRID

// these are the offsets to the probe relative to the extruder tip (Hotend - Probe)
// X and Y offsets must be integers
#define X_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -25
#define Y_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -29
#define Z_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -12.35

#define Z_RAISE_BEFORE_HOMING 4 // (in mm) Raise Z before homing (G28) for Probe Clearance.
// Be sure you have this distance over your Z_MAX_POS in case

// ...

```

=====BedAutoLeveling=====

#define ENABLE_AUTO_BED_LEVELING // Delete the comment to enable
(remove // at the start of the line)

#define Z_PROBE_REPEATABILITY_TEST // If not commented out, Z-Probe Repeatability test will be included if Auto Bed Leveling is Enabled.

#ifndef ENABLE_AUTO_BED_LEVELING

...

#define AUTO_BED_LEVELING_GRID

...

#ifndef AUTO_BED_LEVELING_GRID

```
// set the rectangle in which to probe
#define LEFT_PROBE_BED_POSITION 30
#define RIGHT_PROBE_BED_POSITION 200
#define BACK_PROBE_BED_POSITION 147
#define FRONT_PROBE_BED_POSITION 20
```

Step3: scroll down to find the codes to Define the probe offset



```
#else // not AUTO_BED_LEVELING_GRID
    // with no grid, just probe 3 arbitrary points. A simple cross-product
    // is used to estimate the plane of the print bed

    #define ABL_PROBE_PT_1_X 15
    #define ABL_PROBE_PT_1_Y 180
    #define ABL_PROBE_PT_2_X 15
    #define ABL_PROBE_PT_2_Y 20
    #define ABL_PROBE_PT_3_X 170
    #define ABL_PROBE_PT_3_Y 20

#endif // AUTO_BED_LEVELING_GRID

// these are the offsets to the probe relative to the extruder tip (Hotend - Probe)
// X and Y offsets must be integers
#define X_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -25
#define Y_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -29
#define Z_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -12.35

#define Z_RAISE_BEFORE_HOMING 4 // (in mm) Raise Z before homing (G28) for Probe Cle
// Be sure you have this distance over your Z_MAX_PO

#define XY_TRAVEL_SPEED 8000 // X and Y axis travel speed between probes, in mm/mi

#define Z_RAISE_BEFORE_PROBING 15 //How much the extruder will be raised before traveli
#define Z_RAISE_BETWEEN_PROBINGS 5 //How much the extruder will be raised when traveling

//#define Z_PROBE_SLED // turn on if you have a z-probe mounted on a sled like those desig
//#define SLED_DOCKING_OFFSET 5 // the extra distance the X axis must travel to pickup the
```


Step4. Change the content in the red box as follow:

```
#define AUTO_BED_LEVELING_GRID_POINTS 2
#else // not AUTO_BED_LEVELING_GRID
...
#define X_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER 4
#define Y_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -43
#define Z_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -1.4

#define Z_RAISE_BETWEEN_PROBINGS 10
```

***Note please:** if your printer is pro X, you need put different numbers as shown below:

```
#define LEFT_PROBE_BED_POSITION 20
#define RIGHT_PROBE_BED_POSITION 190
#define BACK_PROBE_BED_POSITION 165
#define FRONT_PROBE_BED_POSITION 30

#define X_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER 4
#define Y_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -50
#define Z_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -3.26

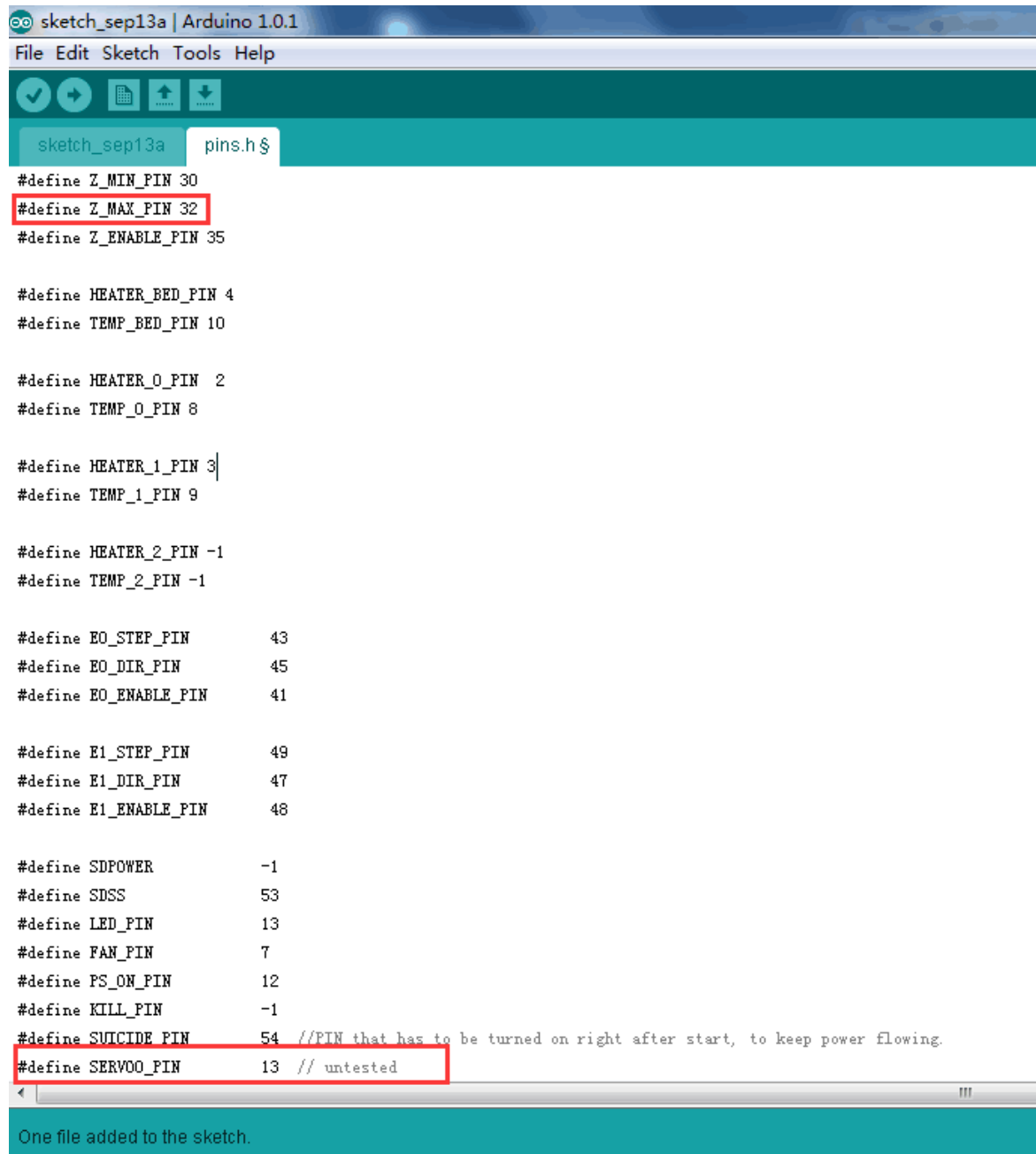
#define Z_RAISE_BETWEEN_PROBINGS 10
```

Step4. Find the following code in pins.h

If you do not find the *pins.h tab* on Arduino IDE, please open it separately, after the modification, please save it.

language_fi.h	2016/9/13 15:11	H 文件	8 KB
language_fr.h	2016/9/13 15:11	H 文件	8 KB
language_it.h	2016/9/13 15:11	H 文件	8 KB
language_nl.h	2016/9/13 15:11	H 文件	8 KB
language_pl.h	2016/9/13 15:11	H 文件	8 KB
language_pt.h	2016/9/13 15:11	H 文件	8 KB
language_ru.h	2016/9/13 15:11	H 文件	9 KB
LiquidCrystalRus.cpp	2016/9/13 15:11	CPP 文件	11 KB
LiquidCrystalRus.h	2016/9/13 15:11	H 文件	4 KB
Marlin.h	2016/9/13 15:11	H 文件	9 KB
Marlin.pde	2016/9/13 15:11	PDE 文件	2 KB
Marlin_main.cpp	2016/9/13 15:11	CPP 文件	153 KB
Marlin1.ino	2016/9/13 15:11	Arduino Source ...	2 KB
MarlinSerial.cpp	2016/9/13 15:11	CPP 文件	8 KB
MarlinSerial.h	2016/9/13 15:11	H 文件	6 KB
motion_control.cpp	2016/9/13 15:11	CPP 文件	7 KB
motion_control.h	2016/9/13 15:11	H 文件	2 KB
pins.h	2016/9/13 15:11	H 文件	80 KB
planner.cpp	2016/9/13 15:11	CPP 文件	42 KB
planner.h	2016/9/13 15:11	H 文件	7 KB
qr_solve.cpp	2016/9/13 15:11	CPP 文件	41 KB
qr_solve.h	2016/9/13 15:11	H 文件	2 KB
Sd2Card.cpp	2016/9/13 15:11	CPP 文件	23 KB
Sd2Card.h	2016/9/13 15:11	H 文件	9 KB
Sd2PinMap.h	2016/9/13 15:11	H 文件	13 KB
SdBaseFile.cpp	2016/9/13 15:11	CPP 文件	55 KB

Find the following code as shown in the red box:



```

sketch_sep13a | Arduino 1.0.1
File Edit Sketch Tools Help

sketch_sep13a pins.h$
#define Z_MIN_PIN 30
#define Z_MAX_PIN 32
#define Z_ENABLE_PIN 35

#define HEATER_BED_PIN 4
#define TEMP_BED_PIN 10

#define HEATER_0_PIN 2
#define TEMP_0_PIN 8

#define HEATER_1_PIN 3
#define TEMP_1_PIN 9

#define HEATER_2_PIN -1
#define TEMP_2_PIN -1

#define EO_STEP_PIN      43
#define EO_DIR_PIN      45
#define EO_ENABLE_PIN   41

#define E1_STEP_PIN     49
#define E1_DIR_PIN     47
#define E1_ENABLE_PIN  48

#define SDPOWER        -1
#define SDSS           53
#define LED_PIN        13
#define FAN_PIN         7
#define PS_ON_PIN      12
#define KILL_PIN       -1
#define SUICIDE_PIN    54 //PIN that has to be turned on right after start, to keep power flowing.
#define SERVOO_PIN     13 // untested

```

One file added to the sketch.

Change the content in the red box as follow:

```

/*****
* Ultimaker pin assignment
*****/

#if MB(ULTIMAKER)
#define KNOWN_BOARD

```

```
#define Z_MAX_PIN -1//32
#define Z_ENABLE_PIN 35

...
#define SUICIDE_PIN 54 //PIN that has to be turned on right after start, to keep
power flowing.
#define SERVO0_PIN 32//13 // untested
```

***Note: For GT2560 Rev A+, #define SERVO0_PIN 11//13 // untested**

Now, we have finished the firmware; please upload the modified firmware to your control board.

3. Testing

When the 3DTouch is first powered up it does a self test – Starting with the pin up it then goes down/up 3 times and ends up the LED on solid. Continuous flashing means that there is an obstruction or fault.

The 3DTouch acts on the following g.code that can be used manually to diagnose faults etc but you don't need to normally worry about them.

M280 P0 S10 ; pushes the pin down

M280 P0 S90 ; pulls the pin up

M280 P0 S120 ; Self test – keeps going until you do pin up/down or release alarm

M280 P0 S160 ; Release alarm

Alarm – The 3DTouch can sense when something is wrong and then goes into alarm mode which is continuous flashing. Alarm can be triggered like an obstruction that stops the pin going up and down freely, it could be dirt etc.