

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D Y ESCANEO  
TRIDIMENSIONAL PARA LA FABRICACIÓN DE PRÓTESIS PARA  
ANIMAL CANINO CON PROBLEMAS DE MOVILIDAD**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ELMER MAYDANA HUANCA**

**WILBER TONNY MAMANI TAQUILA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y**  
**SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D Y ESCANEADO  
TRIDIMENSIONAL PARA LA FABRICACIÓN DE PRÓTESIS PARA  
ANIMAL CANINO CON PROBLEMAS DE MOVILIDAD

TESIS PRESENTADA POR:

**ELMER MAYDANA HUANCA**

**WILBER TONNY MAMANI TAQUILA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

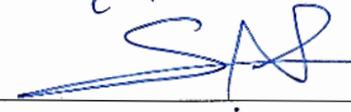


APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

**PRESIDENTE:**

  
M.Sc. GAVINO JOSÉ FLORES CHIPANA

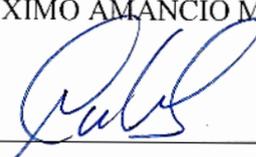
**PRIMER MIEMBRO:**

  
M.Sc. DAVID SALINAS MENDOZA

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
DR. MAXIMO AMANCIO MONTALVO ATCO

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
DR. MIDWAR ELÍAS VALENCIA VILCA

**Área : Automatización e Instrumentación**

**Tema : Procesos de Manufactura Asistidos por Computadora/Robótica**

FECHA DE SUSTENTACIÓN 14 DE MARZO DEL 2019

## DEDICATORIAS

*A mis padres Emeterio Maydana y Cipriana Huanca, quienes con su amor infinito y apoyo incondicional hicieron posible cumplir con este sueño.*

*A mi enamorada Andrea Soledad Castillo quien, con su motivación y apoyo moral, hizo posible poder terminar esta tesis.*

*A mis hermanos Edgar, Sandra Indira, Ramiro y Alicia Roxana por sus constantes alientos que me dieron en mi etapa de estudiante.*

*A los docentes, amigos y compañeros de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica.*

*Elmer Maydana Huanca*

*A Dios. Por su infinita bondad, y por haber estado conmigo en los momentos que más lo necesitaba, por darme salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, por haberme permitido culminar un peldaño más de mis metas, además de su infinita bondad y amor.*

*A mis padres Ismael y Francisca Por ser el pilar fundamental en mi vida, por sus sabios consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por haberme apoyado en todo momento y por el amor incondicional que siempre me dieron.*

*A novia Giovana Vasquez Que con su valor y entrega ha sido una persona incondicional en mi vida, ha sido mi soporte, mi mejor amiga, mi consejera, mi apoyo, mi todo para seguir adelante y no decaer en los momentos difíciles, por el ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales y por su innegable dedicación, amor y paciencia.*

*A los Docentes Aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y absolver las dudas presentadas en la elaboración de esta tesis.*

*Wilber Tonny Mamani Taquila*

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional del Altiplano por habernos permitido formarnos personal como profesionalmente, en ella. A la escuela profesional de Ingeniería Electrónica por habernos acogido en sus aulas, en nuestra etapa de formación, Al Director de Tesis Dr. Midwar Elías Valencia Vilca por guiarnos en el desarrollo de esta tesis, a los Docentes quienes compartieron sus conocimientos con nosotros en nuestra etapa de estudiante a nuestros familiares, amigos, compañeros y a todos los que colaboraron de forma directa o indirecta con esta tesis.*

**ÍNDICE GENERAL**

RESUMEN .....	33
ABSTRACT.....	34
CAPÍTULO I .....	35
INTRODUCCIÓN .....	35
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	37
1.1.1.    Descripción del problema de investigación .....	37
1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	38
1.2.1.    Problema General .....	38
1.2.2.    Problema Específico .....	38
1.3.    HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	38
1.3.1.    Hipótesis General de la Investigación .....	38
1.3.2.    Hipótesis Específicos de la Investigación.....	38
1.4.    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
1.4.1.    Justificación Técnica.....	39
1.4.2.    Justificación Económica .....	40
1.4.3.    Justificación Social .....	40
1.5.    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	41
1.5.1.    Objetivo General.....	41
1.5.2.    Objetivos Específicos .....	41

CAPÍTULO II.....	42
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	42
2.1. PRÓTESIS.....	42
2.1.1. Prótesis y la Impresora 3D.....	42
2.1.2. Animales y Prótesis .....	43
2.1.3. Prótesis en Mascotas .....	44
2.1.4. Prótesis Canina .....	45
2.2. IMPRESORA 3D .....	45
2.2.1. Modelado por deposición fundida (FDM).....	45
2.2.2. Partes de una Impresora 3D .....	46
2.2.2.1. Estructura de la Impresora.....	46
2.2.2.2. Estructura de MakerBot.....	47
2.2.2.3. Estructura P3Steel Prusa i3 .....	48
2.2.2.4. Acoples Flexibles .....	48
2.2.2.5. Polea Dentada.....	49
2.2.2.6. Correa Dentada.....	50
2.2.2.7. Varilla Roscada y Husillo.....	51
2.2.2.8. Varillas Lisa.....	52
2.2.2.9. Rodamientos Lineales .....	53
2.2.2.10. Carro de Extrusor .....	53
2.2.3. Electromecánicas .....	54
2.2.3.1. Motores a Paso .....	54

2.2.3.2.	Hot-End .....	54
2.2.3.2.1.	Componentes del Hot-End .....	55
2.2.3.2.2.	Descripción de sus componentes .....	55
2.2.3.2.3.	Boquilla .....	56
2.2.4.	Electrónica .....	56
2.2.4.1.	Placa de Desarrollo Arduino .....	56
2.2.4.2.	Arduino Mega.....	57
2.2.4.3.	RepRap .....	58
2.2.4.4.	Ramps v1.4.....	59
2.2.4.4.1.	Configuración de micro-pasos.....	60
2.2.4.4.2.	Controlador POLOLU .....	61
2.2.4.4.3.	Finales de carrera Mecánicos .....	62
2.2.4.4.4.	Termistor .....	63
2.2.4.4.5.	Conexionado.....	63
2.2.4.5.	Fuente ATX .....	65
2.2.5.	Software .....	66
2.2.5.1.	Repetier Host .....	66
2.2.5.2.	Slicer.....	67
2.2.5.3.	G-Code .....	68
2.3.	ESCANER 3D .....	70
2.3.1.	Tipos de escaner 3D.....	70
2.3.1.1.	Por Contacto .....	70

2.3.1.1.1.	Sistema de Posicionamiento Tridimensional.....	70
2.3.1.1.2.	Punta montada sobre un brazo robot (Joint Arms).....	71
2.3.1.2.	Sin Contacto .....	72
2.3.1.3.	Activos.....	73
2.3.1.3.1.	Método de Triangulación .....	73
2.3.1.3.2.	Laser .....	74
2.3.1.3.3.	Luz Estructurada.....	76
2.3.1.3.4.	Metodo de Tiempo de Vuelo.....	77
2.3.1.3.5.	Diferencia de Fase .....	78
2.3.1.3.6.	Holografía Conoscópica .....	78
2.3.1.3.7.	Luz Modulada.....	79
2.3.1.4.	Pasivos.....	79
2.3.1.4.1.	Estereoscópicos .....	79
2.3.1.4.2.	Silueta.....	80
2.3.1.5.	Sensor Kinect.....	80
2.3.1.5.1.	Características del Kinect.....	80
2.3.1.5.2.	Kinect como Escáner 3D.....	82
2.3.1.6.	SDK Microsoft .....	83
2.3.1.7.	Skannect .....	83
2.3.1.8.	Kscan3D .....	84
2.4.	Diseño e Implementación de la Impresora 3D .....	86
2.4.1.	Partes de la Estructura.....	87

2.4.1.1.	Armazón metálico de la estructura .....	87
2.4.1.2.	Cobertura de la estructura.....	88
2.4.1.2.1.	Láminas de Acrílico .....	89
2.4.1.2.2.	Tapa de PVC.....	89
2.4.1.2.3.	Mascara.....	90
2.4.2.	Partes del Sistema Mecánico .....	91
2.4.2.1.	Extrusor .....	91
2.4.2.1.1.	Hot-End .....	93
2.4.3.	Partes del Eje X.....	94
2.4.3.1.	Rodamientos Lineales .....	96
2.4.3.2.	Carro de extrusor .....	97
2.4.3.3.	Varillas lisas .....	98
2.4.3.4.	Formas de Aluminio .....	98
2.4.3.5.	Soportes de rodamientos lineales .....	99
2.4.4.	Partes del Eje Y.....	100
2.4.4.1.	Varillas lisas del eje Y.....	100
2.4.4.2.	Motor del eje Y.....	101
2.4.4.3.	Eje de transmisión .....	102
2.4.4.4.	Correa de transmisión.....	103
2.4.5.	Partes del Eje Z.....	104
2.4.5.1.	Rodamientos lineales.....	104
2.4.5.2.	Varillas lisa y roscada.....	105

2.4.5.3.	Soporte para plataforma de impresión.....	106
2.4.5.4.	Soportes de base de área de Impresión.....	110
2.4.6.	Partes de la electrónica .....	111
2.4.6.1.	Pantalla LCD .....	111
2.4.6.2.	RAMPs y Driver A4988.....	112
2.4.6.3.	Arduino y RAMPs.....	112
2.4.6.4.	Ventilador para Ramps .....	113
2.4.6.5.	Cama caliente .....	114
2.4.7.	Montaje de la Impresora 3D. ....	115
2.4.7.1.	Armado del Eje Z .....	120
2.5.	Diseño e Implementación de escáner 3D .....	122
2.6.	Plataforma de Escaneo.....	123
2.6.1.	Descripción de Materiales de la Plataforma de Escaneo .....	124
2.6.1.1.	Piezas de melanina .....	125
2.6.1.2.	Estructura general de la plataforma.....	125
2.6.1.3.	Arandela rectangular .....	125
2.6.1.4.	Sujetador de motor .....	125
2.6.1.5.	Rodamiento circular .....	126
2.6.1.6.	Acople de rodamiento-base .....	126
2.6.1.7.	Polea dentada de plataforma.....	126
2.6.1.8.	Disco de acople.....	126
2.6.1.9.	Polea dentada para motor .....	127

2.6.1.10.	Correa dentada.....	127
2.6.1.11.	Motor a pasos .....	127
2.6.1.12.	Base de escaneo .....	127
2.6.2.	Montaje .....	128
2.6.2.1.	Parte movil.....	128
2.6.2.2.	Montaje de motor .....	130
2.6.2.3.	Montado de partes a chasis.....	130
2.6.2.4.	Resultado Final .....	132
2.6.2.5.	Controlador de plataforma.....	133
2.6.2.6.	Diagrama de circuito .....	134
2.6.3.	Diseño de PCB.....	135
2.6.3.1.	Ensamblaje .....	135
2.6.4.	Fórmulas necesarias .....	136
2.6.4.1.	Para las divisiones de escaneo .....	136
2.6.5.	Configuración de Software de impresión 3D .....	137
2.6.5.1.	Repetier Host .....	137
2.6.5.1.1.	Conexión.....	138
2.6.5.1.2.	Impresora .....	139
2.6.5.1.3.	Extrusor .....	140
2.6.5.1.4.	Dimensiones de Impresión .....	142
2.6.5.2.	Slicer.....	144
2.6.5.3.	Configuración de impresión .....	144

2.6.5.3.1.	Capas y perímetros .....	145
2.6.5.3.2.	Relleno.....	146
2.6.5.3.3.	Velocidad de impresión.....	148
2.6.5.3.4.	Configuración de filamento.....	150
2.6.5.3.5.	Configuración de impresora .....	151
2.6.6.	Escáner 3D.....	152
2.6.7.	Configuración de software de escaneo .....	152
2.6.7.1.	Kscan3D 1.0 .....	152
2.6.7.2.	Procesamiento y Modelado 3D .....	153
2.7.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	154
CAPÍTULO III.....		155
3.	DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN .....	155
3.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	155
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	155
3.2.1.	Población de la investigación .....	155
3.2.2.	Muestra de la investigación .....	156
3.3.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN .....	156
3.3.1.	Ubicación geográfica .....	156
3.3.2.	Ubicación política .....	156
3.4.	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	157
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN .....	158

3.5.1.	Técnicas .....	158
3.5.2.	Instrumentos.....	158
3.6.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	158
3.6.1.	Plan de procesamiento de datos .....	158
3.7.	PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	159
3.7.1.	Impresión 3D .....	159
3.7.1.1.	Cubo de 20mm .....	159
3.7.1.2.	Cubo de calibración de 40mm.....	159
3.7.1.3.	Moneda icosaedro regular .....	159
3.7.1.4.	Huevo de dragón.....	159
3.7.1.5.	Baby groot .....	159
3.7.2.	Configuración de Slicer .....	160
3.7.2.1.	Configuración para Experimento 1 .....	160
3.7.2.2.	Configuración para Experimento 2 .....	160
3.7.2.3.	Configuración para Experimento 3 .....	161
3.7.2.4.	Configuración para Experimento 4 .....	162
3.7.2.5.	Configuración para Experimento 5 .....	162
3.7.2.6.	Configuración para Experimento 6 .....	163
3.7.3.	Experimentación en impresión 3D .....	164
3.7.4.	Escaneo 3D .....	166
3.7.5.	Configuración y Experimentación de Kscan3d para Escaneo 3D .....	166
3.7.5.1.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 1 .....	166

3.7.5.2.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 2 .....	168
3.7.5.3.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 3 .....	169
3.7.5.4.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 4 .....	170
3.7.5.5.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 5 .....	171
3.7.5.6.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 6 .....	172
3.7.5.7.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 7 .....	173
3.7.5.8.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 8 .....	174
3.7.5.9.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 9 .....	175
3.7.5.10.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 10 .....	176
3.7.5.11.	Configuración y escaneo 3D para Experimento 11 .....	177
3.7.6.	Diseño e impresión de un prototipo de prótesis.....	178
3.8.	PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS .....	179
3.8.1.	Impresión 3D .....	179
3.8.2.	Varianza .....	179
3.8.3.	Desviación estándar .....	180
3.8.4.	Escaneo 3D .....	181
3.8.4.1.	Proporcionalidad directa.....	181
CAPÍTULO IV	.....	182
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	182
4.1.	Resultado de Implementación de impresora 3D.....	182
4.2.	Resultado de Impresión 3D .....	183
4.2.1.	Resultados de primer experimento en impresión 3D.....	184

4.2.2.	Resultados de segundo experimento en impresión 3D .....	184
4.2.3.	Resultados de tercer experimento en impresión 3D .....	185
4.2.4.	Resultados de cuarto experimento en impresión 3D .....	186
4.2.5.	Resultados de quinto experimento en impresión 3D .....	186
4.2.6.	Resultados de sexto experimento en impresión 3D .....	187
4.2.7.	Resultados de séptimo experimento en impresión 3D.....	188
4.3.	Resultado de Implementación de Escáner 3D .....	189
4.4.	Resultado de Escaneo 3D .....	191
4.4.1.	Resultados del primer experimento de escaneo 3D .....	191
4.4.2.	Resultados del segundo experimento de escaneo 3D .....	192
4.4.3.	Resultados del tercer experimento en escaneo 3D.....	193
4.4.4.	Resultados del cuarto experimento en escaneo 3D.....	193
4.4.5.	Resultados del quinto experimento en escaneo 3D .....	194
4.4.6.	Resultados del sexto experimento en escaneo 3D .....	194
4.4.7.	Resultados del séptimo experimento en escaneo 3D .....	195
4.4.8.	Resultados del octavo experimento en escaneo 3D .....	196
4.4.9.	Resultados del noveno experimento en escaneo 3D.....	196
4.4.10.	Resultados del décimo experimento en escaneo 3D .....	197
4.4.11.	Resultados del décimo primero experimento en escaneo 3D.....	198
4.5.	Prueba conjunta de escaneo e impresión 3D .....	198
4.5.1.	Configuración para escaneo 3D en prueba conjunta .....	198
4.5.2.	Resultados de escaneo 3D en prueba conjunta .....	199

4.5.3.	Configuración para experimento de impresión 3D en prueba conjunta .	200
4.5.4.	Resultados de impresión 3D en prueba conjunta.....	201
4.5.5.	Diseño del prototipo de prótesis .....	202
4.5.6.	Prueba de hipótesis .....	202
4.5.6.1.	Comparación de la dimensión de muestras .....	202
4.5.6.2.	Descripción de los datos de escaneo 3D.....	206
CONCLUSIONES .....		208
RECOMENDACIONES.....		209
REFERENCIAS.....		210
ANEXOS .....		214

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Prótesis en animales .....	43
Figura 2.2. Prótesis para pato.....	44
Figura 2.3. Prótesis Canina .....	45
Figura 2.4. Estructura General de la Impresora 3D .....	46
Figura 2.5. Estructura de impresora MakerBot.....	47
Figura 2.6. Estructura de Prusa i3 P3Steel.....	48
Figura 2.7. Acoples Flexible.....	49
Figura 2.8. Polea Dentada.....	49
Figura 2.9. Correa Dentada.....	51
Figura 2.10. Varilla Roscada y Tornillo guía .....	52
Figura 2.11. Varillas Lisas .....	52
Figura 2.12. Rodamiento lineal.....	53
Figura 2.13. Carro de Fijación para Extrusor .....	53
Figura 2.14. Motor a Pasos .....	54
Figura 2.15. Partes del Hot-End.....	55
Figura 2.16. Componentes del Hot-End .....	55
Figura 2.17. Boquilla de Extrusora de Filamento Fundido.....	56
Figura 2.18. Placa Arduino Mega .....	57
Figura 2.19. Ramps 1.4.....	59
Figura 2.20. Controlador de motor a pasos.....	62
Figura 2.21. Final de Carrera Mecánico .....	63
Figura 2.22. Diagrama de conexión de motores y componentes a la Ramps 1.4 .....	64
Figura 2.23. Fuente de alimentación ATX .....	65
Figura 2.24. Conector de fuente ATX .....	65

Figura 2.25. Entorno de Trabajo de Software Repetier Host.....	66
Figura 2.26. Logotipo Slicer .....	67
Figura 2.27. Interfaz Gráfica Slicer .....	67
Figura 2.28. Análisis de Capa.....	69
Figura 2.29. Método de Escaneado por Contacto .....	71
Figura 2.30. Escaneo por medio de punta exploratoria en brazo robot .....	72
Figura 2.31. Fundamentos Matemáticos de la Triangulación.....	73
Figura 2.32. Principios de un sistema de triangulación láser.....	74
Figura 2.33. Esquema de un láser escáner .....	75
Figura 2.34. Escaneo mediante el método de luz estructurada .....	77
Figura 2.35. Esquema de un láser escáner de fase .....	78
Figura 2.36. Estereoscopia.....	79
Figura 2.37. Partes superficiales de un sensor Kinect .....	81
Figura 2.38. Esquema de Conexión de Sensor Kinect, Fuente de Alimentación y PC ..	82
Figura 2.39. Complementos SDK Browser .....	83
Figura 2.40. Entorno de trabajo de Skanect.....	84
Figura 2.41. Escaneo de Objetos Usando Ksacn3D .....	85
Figura 2.42. Principio de Impresión 3D .....	86
Figura 2.43. Modelo Isométrico de la impresora 3D .....	87
Figura 2.44. Estructura metálica de la impresora .....	88
Figura 2.45. Láminas de Acrílico .....	89
Figura 2.46. Diseño de tapa posterior de la impresora .....	90
Figura 2.47. Diseño de Mascara .....	90
Figura 2.48. Mascara de la Impresora.....	91
Figura 2.49. Sistema de extrusión de Filamento.....	91

Figura 2.50. Partes del Extrusor.....	92
Figura 2.51. Hot-End .....	93
Figura 2.52. Esquema de movimiento del eje X.....	94
Figura 2.53. Rodamientos Lineales .....	97
Figura 2.54. Carro de Extrusor .....	97
Figura 2.55. Varilla lisa .....	98
Figura 2.56. Formas de aluminio .....	99
Figura 2.57. Sujetadores de rodamientos lineales.....	99
Figura 2.58. Descripción del eje Y .....	100
Figura 2.59. Varillas de soporte del eje Y .....	101
Figura 2.60. Motor del eje Y.....	102
Figura 2.61. Varilla de transmisión mecánica .....	102
Figura 2.62. Polea de transferencia.....	103
Figura 2.63. Fajas para traslación de eje Y .....	104
Figura 2.64. Rodamientos Lineales para eje Z .....	105
Figura 2.65. Varillas roscada y Varilla lisa .....	106
Figura 2.66. Estructura para base de impresión.....	106
Figura 2.67. Descripción de partes del eje Z .....	107
Figura 2.68. Sistema de vía en eje Z.....	109
Figura 2.69. Platina de Sujeción .....	110
Figura 2.70. Soportes para área de impresión.....	110
Figura 2.71. Montaje de la Pantalla .....	111
Figura 2.72. Montaje de Ramps y A4988 .....	112
Figura 2.73. Montaje de la Ramps y Arduino Mega .....	113
Figura 2.74. Ventiladores de Ramps.....	114

Figura 2.75. Resistencia de Cama caliente .....	115
Figura 2.76. Estructura metálica y lamina de acrílico .....	116
Figura 2.77. Vista de carro de Extrusor .....	116
Figura 2.78. Vista de carro montado en varillas lisas .....	117
Figura 2.79. Montaje de motor en soporte.....	117
Figura 2.80. Vista de eje x montado con su correa.....	117
Figura 2.81. Varillas del eje Y .....	118
Figura 2.82. Montaje del eje de transmisión y desplazamiento.....	119
Figura 2.83. Montaje del motor del eje Y .....	120
Figura 2.84. Armado de varillas del eje Z .....	120
Figura 2.85. Montaje del eje Z a la estructura Principal .....	121
Figura 2.86. Ejes XYZ en la Estructura.....	122
Figura 2.87. Diagrama de proceso de escaneo.....	123
Figura 2.88. Diseño de Plataforma Rotatoria .....	124
Figura 2.89. Piezas que conforman la Plataforma .....	125
Figura 2.90. Piezas de parte Móvil .....	126
Figura 2.91. Etapa del montaje del motor.....	128
Figura 2.92. Piezas de parte móvil.....	129
Figura 2.93. Estructura rotatoria .....	129
Figura 2.94. Proceso de Montaje .....	130
Figura 2.95. Proceso de Montaje a Chasis.....	130
Figura 2.96. Montaje de partes a Chasis .....	131
Figura 2.97. Proceso de acabado de Plataforma .....	132
Figura 2.98. Plataforma rotatoria final.....	133
Figura 2.99. Diagrama de bloques de controlador de plataforma.....	134

Figura 2.100. Diagrama de circuito controlador de plataforma.....	135
Figura 2.101. Controlador de Plataforma .....	136
Figura 2.102. Entorno de inicio de software Repetier Host.....	137
Figura 2.103. Pestaña de Ajustes de Impresora .....	138
Figura 2.104. Configuración de parámetros de movimiento .....	139
Figura 2.105. Configuración de Parámetros del Extrusor .....	141
Figura 2.106. Configuración de Dimensiones de la Impresora .....	142
Figura 2.107. Área de Impresión .....	143
Figura 2.108. Entorno de Inicio de Software Slicer .....	144
Figura 2.109. Configuración de Capas y Perímetros de Impresión .....	145
Figura 2.110. Configuración de Relleno de Impresión.....	147
Figura 2.111. Configuración de Velocidad de impresión.....	148
Figura 2.112. Configuración de Filamento .....	150
Figura 2.113. Configuración General (medidas de la impresora).....	151
Figura 2.114. Inicio de Kscan3D .....	152
Figura 2.115. Entorno de Trabajo Configurado en Escaneo por Malla.....	152
Figura 2.116. Entorno de inicio de Autodesk Inventor.....	153
Figura 3.1. Impresión de objetos experimentos .....	164
Figura 3.2. Proceso de impresión de para de canino .....	165
Figura 3.3. Mouse inalámbrico .....	166
Figura 3.4. Diseño de prototipo de prótesis .....	178
Figura 3.5. Prototipo de prótesis impreso en 3D .....	178
Figura 4.1. Resultado de implementación de impresora 3D.....	182
Figura 4.2. Pata de Canino Impreso en 3D .....	188
Figura 4.3. Sistema de Escaneo 3D .....	189

Figura 4.4. Plataforma de rotatoria .....	190
Figura 4.5. Controlador de Escáner .....	190
Figura 4.6. Objeto escaneado en 3D .....	200

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características del Microntrolador Arduino Mega 2560 .....	58
Tabla 2.2 Configuración de Micro-pasos en A4988.....	61
Tabla 2.3 Distribución de voltaje por color de cable .....	65
Tabla 2.4 Detalles de piñón de motor .....	95
Tabla 2.5 Especificaciones de correa GT2 .....	104
Tabla 2.6 Datos de varilla roscada.....	108
Tabla 2.7 Conexión de pins de cama caliente.....	115
Tabla 2.8 Definición de Parámetros de Conexión .....	139
Tabla 2.9 Parámetros de configuración de impresora.....	140
Tabla 2.10 Valores establecidos para la configuración del Extrusor.....	141
Tabla 2.11 Parámetros insertados de impresora 3D .....	143
Tabla 2.12 Parámetros de Impresión .....	146
Tabla 2.13 Parámetros de Relleno .....	147
Tabla 2.14 Parámetros de Velocidad de Impresión .....	149
Tabla 2.15 Configuración de Filamento .....	150
Tabla 2.16 Configuración de las medidas de la impresora .....	151
Tabla 2.17 Operacionalización de variables de la investigación .....	154
Tabla 3.1 Asignación de parámetros para experimento 1 en impresión 3D .....	160
Tabla 3.2 Asignación de parámetros para experimento 2 en impresión 3D .....	161
Tabla 3.3 Asignación de parámetros para experimento 3 en impresión 3D .....	161
Tabla 3.4 Asignación de parámetros para experimento 4 en impresión 3D .....	162
Tabla 3.5 Asignación de parámetros para experimento 5 en impresión 3D .....	163
Tabla 3.6 Asignación de parámetros para experimento 6 en impresión 3D .....	163
Tabla 3.7 Asignación de parámetros para experimento 1 en escaneo 3D .....	167

Tabla 3.8 Asignación de parámetros para experimento 2 en escaneo 3D .....	168
Tabla 3.9 Asignación de parámetros para experimento 3 en escaneo 3D .....	169
Tabla 3.10 Asignación de parámetros para experimento 4 en escaneo 3D .....	170
Tabla 3.11 Asignación de parámetros para experimento 5 en escaneo 3D .....	171
Tabla 3.12 Asignación de parámetros para experimento 6 en escaneo 3D .....	172
Tabla 3.13 Asignación de parámetros para experimento 7 en escaneo 3D .....	173
Tabla 3.14 Asignación de parámetros para experimento 8 en escaneo 3D .....	174
Tabla 3.15 Asignación de parámetros para experimento 9 en escaneo 3D .....	175
Tabla 3.16 Asignación de parámetros para experimento 10 en escaneo 3D .....	176
Tabla 3.17 Asignación de parámetros para experimento 11 en escaneo 3D .....	177
Tabla 4.1 Características Técnicas de la Impresora.....	183
Tabla 4.2 Comparación de valores del experimento 1 en impresión 3D.....	184
Tabla 4.3 Comparación de valores del experimento 2 en impresión 3D.....	185
Tabla 4.4 Comparación de valores del experimento 3 en impresión 3D.....	185
Tabla 4.5 Comparación de valores del experimento 4 en impresión 3D.....	186
Tabla 4.6 Comparación de valores del experimento 5 en impresión 3D.....	187
Tabla 4.7 Comparación de valores del experimento 6 en impresión 3D.....	187
Tabla 4.8 Comparación de valores del experimento 7 en impresión 3D.....	188
Tabla 4.9 Características técnicas del escáner 3D implementado .....	191
Tabla 4.10 Resultados del experimento 1 en escaneo 3D.....	192
Tabla 4.11 Resultados del experimento 2 en escaneo 3D.....	192
Tabla 4.12 Resultados del experimento 3 en escaneo 3D.....	193
Tabla 4.13 Resultado del experimento 4 en escaneo 3D .....	193
Tabla 4.14 Resultados del experimento 5 en escaneo 3D.....	194
Tabla 4.15 Resultados del experimento 6 en escaneo 3D.....	195

Tabla 4.16 Resultados del experimento 7 en escaneo 3D.....	195
Tabla 4.17 Resultados del experimento 8 en escaneo 3D.....	196
Tabla 4.18 Resultados del experimento 9 en escaneo 3D.....	197
Tabla 4.19 Resultados del experimento 10 en escaneo 3D.....	197
Tabla 4.20 Resultados del experimento 11 en escaneo 3D.....	198
Tabla 4.21 Asignación de parámetros para prueba conjunta .....	199
Tabla 4.22 Resultados del escaneo 3D de prueba conjunta .....	200
Tabla 4.23 Asignación de parámetros para prueba conjunta .....	201
Tabla 4.24 Parámetros de objeto STL vs características del objeto impreso .....	201
Tabla 4.25 Dimensiones de experimentos .....	202
Tabla 4.26 Diferencia de Dimensión de lados .....	203
Tabla 4.27 Promedios por componentes XYZ.....	203
Tabla 4.28 Media de la Muestra .....	204
Tabla 4.29 Datos obtenidos para lados XYZ.....	204
Tabla 4.30 Varianza de lados.....	205
Tabla 4.31 Desviación estándar de lados .....	205
Tabla 4.32 Datos de vértices y caras para cada uno de experimentos .....	206
Tabla 4.33 Relación entre vértices y caras .....	207

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.1. Descripción de implementación de impresora 3D .....	214
Anexo 1.2. Diseño de estructura principal.....	215
Anexo 1.3. Diseño de láminas de acrílico .....	216
Anexo 1.4. Diseño de tapa posterior de impresora .....	217
Anexo 1.5. Diseño de mascara de impresora.....	218
Anexo 2.1. Diseño y descripción de partes del eje XY .....	219
Anexo 2.2. Diseño de las varillas de eje Y .....	220
Anexo 2.3. Diseño de mariposa de sujeción de varilla lisa .....	221
Anexo 2.4. Diseño de polea tensadora para faja dentada del eje XY .....	222
Anexo 2.5. Diseño de varilla lisa del eje Y .....	223
Anexo 2.6. Diseño de abrazadera para sujeción de poleas tensadoras del eje Y .....	224
Anexo 2.7. Diseño de rodamiento lineal del eje XY .....	225
Anexo 2.8. Diseño de soporte de rodamiento lineal del eje Y.....	226
Anexo 2.9. Diseño de soporte del eje X lado izquierdo .....	227
Anexo 2.10. Diseño de soporte del eje X lado derecho .....	228
Anexo 2.11. Diseño de varilla lisa de eje X.....	229
Anexo 2.12. Diseño de carro de extrusor.....	230
Anexo 2.13. Diseño soporte de motor de eje X.....	231
Anexo 2.14. Diseño de motor de pasos .....	232
Anexo 2.15. Diseño de soporte de varillas lisas de eje X.....	233
Anexo 2.16. Diseño de piñón de motor de eje XY .....	234
Anexo 2.17. Diseño de eje de transmisión eje Y .....	235
Anexo 3.1. Descripción de partes del extrusor .....	236
Anexo 3.2. Diseño de palanca de presión de filamento.....	237

Anexo 3.3. Diseño de resorte de presión de palanca .....	238
Anexo 3.4. Diseño de motor de extrusor .....	239
Anexo 3.5. Diseño de rueda dentada para arrastre de filamento .....	240
Anexo 3.6. Diseño de soporte para unión de partes del extrusor.....	241
Anexo 3.7. Diseño de hot-end del extrusor .....	242
Anexo 4.1. Descripción de los componentes del eje Z.....	243
Anexo 4.2. Diseño de acople flexible .....	244
Anexo 4.3. Diseño de soporte para tuerca de varilla para arrastre del eje Z .....	245
Anexo 4.4. Diseño de soporte para plataforma de impresión.....	246
Anexo 4.5. Diseño de motor de eje Z .....	247
Anexo 4.6. Diseño de platina para unión de varillas lisas del eje Z.....	248
Anexo 4.7. Diseño de rodamiento lineal 10mm .....	249
Anexo 4.8. Diseño de tuerca de arrastre del eje Z.....	250
Anexo 4.9. Diseño de varilla roscada del eje Z .....	251
Anexo 4.10. Diseño de varilla lisa del eje Z.....	252
Anexo 4.11. Diseño de soporte para sujeción de plataforma de impresión.....	253
Anexo 4.12. Diseño de platina para sujeción de motor de eje Z .....	254
Anexo 4.13. Diseño de plataforma de impresión.....	255
Anexo 5.1. Descripción de partes del escáner 3D .....	256
Anexo 5.2. Diseño de piezas de melamina .....	257
Anexo 5.3. Diseño de chasis de escáner 3D .....	258
Anexo 5.4. Diseño de arandela rectangular .....	259
Anexo 5.5. Diseño de sujetador de motor a pasos .....	260
Anexo 5.6. Diseño de rodamiento y acople .....	261
Anexo 5.7. Diseño de acople de rodamiento a base .....	262

Anexo 5.8. Diseño de engranaje de plataforma .....	263
Anexo 5.9. Diseño de disco de acople base de escaneo .....	264
Anexo 5.10. Diseño de polea dentada de motor .....	265
Anexo 5.11. Diseño de correa dentada .....	266
Anexo 5.12. Diseño de motor a pasos nema 23.....	267
Anexo 5.13. Diseño de disco de melamina (base de escaneo) .....	268
Anexo 6.1. Descripción de partes del sensor y trípode.....	269
Anexo 6.2. Diseño de sensor Kinect.....	270
Anexo 6.3. Diseño de acople Kinect – Trípode .....	271
Anexo 6.4. Diseño de filtro magnético .....	272
Anexo 6.5. Detalles de Trípode .....	273
Anexo 7.1. Descripción de la fuente de alimentación .....	274
Anexo 7.2. Diseño de conector Datos–Fuente de alimentación .....	275
Anexo 8.1. Detalles de rodamientos lineales .....	276
Anexo 8.2. Hoja técnica de motor de pasos.....	277
Anexo 8.3. Hoja técnica de tubos de metal.....	278
Anexo 8.4. Hoja técnica de lámina de acrílico .....	280
Anexo 9.1. Hoja técnica de melamina .....	282
Anexo 9.2. Hoja técnica de motor de pasos nema 23 .....	283
Anexo 10.1. Tabla de componentes de tarjeta Ramps 1.4.....	286
Anexo 10.2. Hoja de datos de driver de motor a pasos .....	289
Anexo 10.3. Hoja técnica de LCD .....	292
Anexo 10.4. Hoja técnica de fuente ATX.....	294
Anexo 11.1. Diagrama de controlador.....	296
Anexo 11.2. Placa Arduino Nano .....	297

Anexo 11.3. Hoja técnica de LCD 20X04 .....	298
Anexo 11.4. Placa PBC de circuito de Controlador de plataforma rotatoria .....	301
Anexo 11.5. Circuito de controlador de plataforma rotatoria .....	301
Anexo 11.6. Especificaciones del sensor de Kinect .....	302
Anexo 11.7. Código fuente de impresora 3D .....	304
Anexo 11.8. Código fuente de controlador de plataforma de escaneo .....	314
Anexo 12.1. Experimento 1 (cubo 20*20mm) .....	317
Anexo 12.2. Experimento 2 (cubo 40*40mm) .....	317
Anexo 12.3. Experimento 3 (moneda) .....	318
Anexo 12.4. Experimento 4 (huevo de dragón) .....	318
Anexo 12.5. Experimento 5 (baby-groot fallido) .....	319
Anexo 12.6. Experimento 6 (baby-groot ok) .....	319
Anexo 12.7. Experimento 7 (pata de canino) .....	320
Anexo 13.1. Experimento 1 (mouse) .....	321
Anexo 13.2. Experimento 2 (mouse) .....	321
Anexo 13.3. Experimento 3 (mouse) .....	322
Anexo 13.4. Experimento 4 (mouse) .....	322
Anexo 13.5. Experimento 5 (mouse) .....	323
Anexo 13.6. Experimento 6 (mouse) .....	323
Anexo 13.7. Experimento 7 (mouse) .....	324
Anexo 13.8. Experimento 8 (mouse) .....	324
Anexo 13.9. Experimento 9 (mouse) .....	325
Anexo 13.10. Experimento 10 (mouse) .....	325
Anexo 13.11. Experimento 11 (mouse) .....	326
Anexo 14.1. Escaneo de pata .....	327

Anexo 14.2. Procesamiento de pata amputada .....	328
Anexo 14.3. Diseño de prótesis .....	329
Anexo 14.4. Impresión de prototipo de prótesis .....	330

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

	<b>3</b>	Is Not Unix, 49
<b>3D</b>		<b>GPL</b>
Three Dimensional, 170–69		General Public Liscense, 49
	<b>C</b>	<b>I</b>
<b>CCD</b>		<b>ISO</b>
Charge Coupled Device, 64		Organización Internacional de
Dispositivo de Carga Acoplada. <i>Véase</i>		Normalización, 58
<b>CNC</b>		<b>P</b>
Control Numérico Computarizado, 58		<b>PCB</b>
	<b>D</b>	Placa de circuito impreso, 125
<b>DIN</b>		policlorobifenilos, 125
Instituto Alemán de Normalización, 58		<b>R</b>
<b>DIR</b>		<b>RGB</b>
Señal de dirección de giro, 124		Rojo-Verde-Azul, 71
	<b>F</b>	<b>S</b>
<b>FDM</b>		<b>SDK</b>
Modelado por Deposición Fundida, 35		Software Development Kit, 73
	<b>G</b>	<b>STEP</b>
<b>GNU</b>		Señal de pasos, 124

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación comprende la implementación de una impresora 3D y un escáner 3D para la fabricación de prótesis para animal canino menor con problemas de movilidad. La impresora y escáner 3D se ha implementado a partir de materiales reciclados y usando un sensor KINECT de consola de videojuego que forma parte del escáner 3D, el cual nos permitió obtener una imagen tridimensional de un objeto. La impresora está compuesta de partes mecánicas que permiten la impresión en un área volumétrica de 300x200x250mm, también consta de partes electrónicas que controlan los movimientos en función del lenguaje de programación en control numérico (códigos G y M), los cuales son coordenadas y funciones de movimiento de máquina para la construcción mediante capas un objeto tridimensional. El escáner está compuesto por un sensor de consola de videojuego (Kinect) como cámara de obtención de imágenes tridimensionales y la plataforma rotatoria para el movimiento del objeto a escanearse. El escaneo tridimensional ayudó a poder obtener réplicas de un objeto en un formato de extensión STL (Lenguaje de Triangulación Estandar) que se puede modificar en un software de modelamiento 3D y según esto tomar referencias y poder diseñar una prótesis a medida y personalizada según las necesidades y requerimientos. Una vez obtenida el modelo 3D y en un formato reconocible para la impresora (código G), se imprimió en objetos 3D. Se realizó 11 pruebas de Escaneo, y 6 pruebas de Impresión 3D donde se llegó a la conclusión de que es posible imprimir objetos en una impresora implementada con materiales reciclados y con un error de 0.74mm respecto al objeto digital, con el escáner 3D implementado se consiguió escanear objetos con resultados similares al objeto físico.

**Palabras clave:** Prótesis canina, Impresión 3D, Escaneo 3D, Código G.

## ABSTRACT

The present research work includes the implementation of a 3D printer and a 3D scanner for the manufacture of prostheses for minor canine animals with mobility problems. The 3D printer and scanner has been implemented from recycled materials and using a video game console KINECT sensor that is part of the 3D scanner, which allowed us to obtain a three-dimensional image of an object. The printer is composed of mechanical parts that allow printing in a volumetric area of 300x200x250mm, also consists of electronic parts that control the movements depending on the programming language in numerical control (codes G and M), which are coordinates and functions of movement of machine for building by layers a three-dimensional object. The scanner consists of a video game console sensor (Kinect) as a camera for obtaining three-dimensional images and the rotating platform for the movement of the object to be scanned. The three-dimensional scanning helped to obtain replicas of an object in an STL extension format (Standard Triangulation Language) that can be modified in a 3D modeling software and based on this, take references and design a custom-made prosthesis according to the needs and requirements. Once the 3D model was obtained and in a recognizable format for the printer (G code), it was printed on 3D objects. It was carried out 11 tests of Scanning, and 6 tests of 3D Printing where it was concluded that it is possible to print objects in a printer implemented with recycled materials and with an error of 0.74mm with respect to the digital object, with the 3D scanner implemented. he managed to scan objects with results similar to the physical object.

**Keywords:** Canine prosthesis, 3D printing, 3D scanning, G-Code.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El uso de las impresoras 3D están siendo más habituales hoy en día. Esto se ve fortalecido por el avance exponencial de la tecnología y las utilidades que le da la sociedad, quienes también dan el uso en diversas áreas como en la medicina, ingeniería y arquitectura. Asimismo, junto a la impresora 3D hoy en día también involucra el uso del escáner 3D, la unión de estos dispositivos hace que sea posible la réplica de objetos.

La presente Tesis describe el proceso completo del diseño e implementación de una impresora 3D y un sistema de escaneo 3D, la metodología aplicada en la investigación, las pruebas de operación de los sistemas implementados, la obtención de resultados y finalmente las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

En los capítulos que se mencionan a continuación se detallan los procesos que ameritan para el diseño e implementación de una impresora y escáner 3D, los capítulos se describen a continuación:

El **Capítulo I**: Menciona la formulación del problema de investigación, Justificación de la investigación y los objetivos.

El **Capítulo II**: Describe generalidades de impresoras, marco teórico, se hará el estudio de diseño e implementación de una impresora 3D y escáner 3D, las hipótesis planteadas para este trabajo de investigación y la operacionalización de variables.

El **Capítulo III**: Describe la metodología de investigación, tipo, nivel, método y diseño de investigación. También describe los materiales a usarse, el desarrollo del proyecto: diseño y la implementación de la impresora y el escáner 3D. Posteriormente los experimentos realizados en cada uno de los sistemas.

El **Capítulo IV**: Detalla los resultados obtenidos de la implementación e impresión de objetos 3D y los resultados de implementación del escáner 3D y escaneo de objetos realizados en el Capítulo III.

Finalmente, esta Tesis culmina con las conclusiones y las recomendaciones consignadas durante el proceso de investigación.

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1.1. Descripción del problema de investigación

Actualmente la elaboración de prótesis es desconocida por la sociedad Puneña, y si se tiene conocimiento se cree que es muy costosa o difícil de adquirir esto a causa de falta de tecnología presente o la falta de profesionales dedicados al tema en el ámbito de Puno.

Por otro lado, se ha observado en la ciudad de Puno la presencia de animales caninos (perros) ya sea doméstico o callejero, con deficiencia en sus extremidades que evita que el animal se pueda trasladar o disfrutar de su vida manera normal, muchos de estos son abandonados por sus dueños por la deficiencia que ellos tienen y sufren al no tener una vida normal.

Por esta razón se pensó en implementar un sistema de impresión 3D y un sistema escaneo 3D para desarrollar una prótesis para el animal con problemas en sus extremidades.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cómo implementar una impresora 3D y un escáner 3D para la fabricación de prótesis para animales caninos con problemas de movilidad?

### **1.2.2. Problema Específico**

- ¿Será posible la implementación de una impresora 3D a base de materiales reciclados?
- ¿Será posible imprimir objetos en una impresora 3D implementada?
- ¿Será posible la implementación de un escáner 3D basado en un sensor de consola de videojuego?
- ¿Será posible el escaneo de objetos en el escáner implementado?

## **1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Hipótesis General de la Investigación**

Con la implementación de una impresora 3D y un escáner tridimensional se logrará fabricar un prototipo de prótesis para animales caninos menores con problemas de movilidad.

### **1.3.2. Hipótesis Específicos de la Investigación.**

- La implementación de una impresora 3D de Modelo Makerbot será posible con la ayuda de código libre y materiales reciclados.
- Es posible la impresión de objetos 3D con la impresora implementada.
- La implementación de un escáner 3D será posible haciendo el uso de un sensor de consola de videojuego.
- Es posible el escaneo tridimensional de objetos con el sistema de escaneo implementado en este proyecto de tesis.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En vista de que no existe tecnología dedicada a la fabricación de prótesis en nuestro entorno, pero existe métodos como la impresión 3D que permite crear objetos físicos mediante un archivo digital, se dio la idea de implementar una impresora 3D para abaratar costos y poder fabricar prótesis para animales caninos que presenten problemas de movilidad.

Además, con la implementación de un escáner 3D el proceso de diseño y personalización de la pieza artificial (prótesis) será más práctico, con los datos y medidas reales obtenidos del animal.

La fabricación de prótesis mediante el método de impresión 3D y el uso de un sistema de escaneo 3D ayuda a fabricar prótesis de una manera innovadora y practica además de toma de datos de la parte de la extremidad dañada y/o faltante del animal y hacer un modelado tridimensional personalizado y esto sea acoplado a la extremidad con las condiciones anteriormente mencionadas para mejorar la calidad de vida del animal en tratamiento.

##### **1.4.1. Justificación Técnica**

Con la implementación de este proyecto de investigación se pretende dar a conocer una de las aplicaciones de la impresora 3D realizando la impresión de prótesis para animal con este método de fabricación. También el uso de programas de escaneo y/o procesamiento de imágenes como el Kscan3D y poder aplicar para obtener objetos en formato STL y ser tratado posteriormente.

#### **1.4.2. Justificación Económica**

El uso de material de implementación de nuestra impresora es reciclado y reusado por lo que el costo de implementación se ha disminuido. De la misma forma en la etapa de impresión se usa un método de impresión por adición y la utilización de material es controlado. En el caso del escáner 3D se usó un sensor de consola de videojuego de forma que se tuvo que obtener este a un menor precio que los escáneres de mercado. Y por último el método de fabricación de prótesis permite a que el beneficiado no tenga que gastar una fortuna para adquirir uno.

#### **1.4.3. Justificación Social**

Alguna vez vimos un cachorro con problemas al trasladarse a falta de una extremidad ya sea porque haya sufrido un accidente o haya nacido ya con tal deficiencia, verlo apena a los espectadores y más aún el animal sufre esforzándose para moverse. Es por ello que el proyecto de investigación mejora la vida de tales animales ya sean domésticos o callejeros. También impulsa a que la sociedad tenga conocimiento de la posibilidad de mejorar el bienestar animal y evitar el maltrato animal.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo General**

Implementar una impresora 3D y un escáner tridimensional con los que se pueda fabricar prótesis para animales caninos menores de la ciudad de Puno que cuenten con problemas de movilidad.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Implementar una impresora 3D de modelo Makerbot con código libre y con materiales reciclados.
- Imprimir objetos en la impresora implementada.
- Implementar un sistema de escaneo 3D utilizando un sensor de consola de Videojuego.
- Lograr el escaneo tridimensional de objetos físicos y obtener el archivo en formato digital.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. PRÓTESIS

Una prótesis es un elemento que se adapta al organismo con el objetivo de reemplazar una estructura faltante o que en su defecto no funciona de forma correcta. Este dispositivo externo ayuda a descargar peso, o brinda apoyo mecánico (Venemedia Comunicaciones C.A., 2018).

##### 2.1.1. Prótesis y la Impresora 3D

Las prótesis impresas en 3D son algo que cada vez está tomando más fuerza en el mercado y en el mundo de la medicina y rehabilitación. Estos dispositivos se están implementando en países de primer mundo en este ámbito como los son Estados Unidos, España y Brasil. Algunas empresas están incursionando en Brasil haciendo prótesis de este tipo para niños con la finalidad de estudiar su funcionalidad y si realmente hay algún cambio en su estilo de vida. (Jen, 2015).

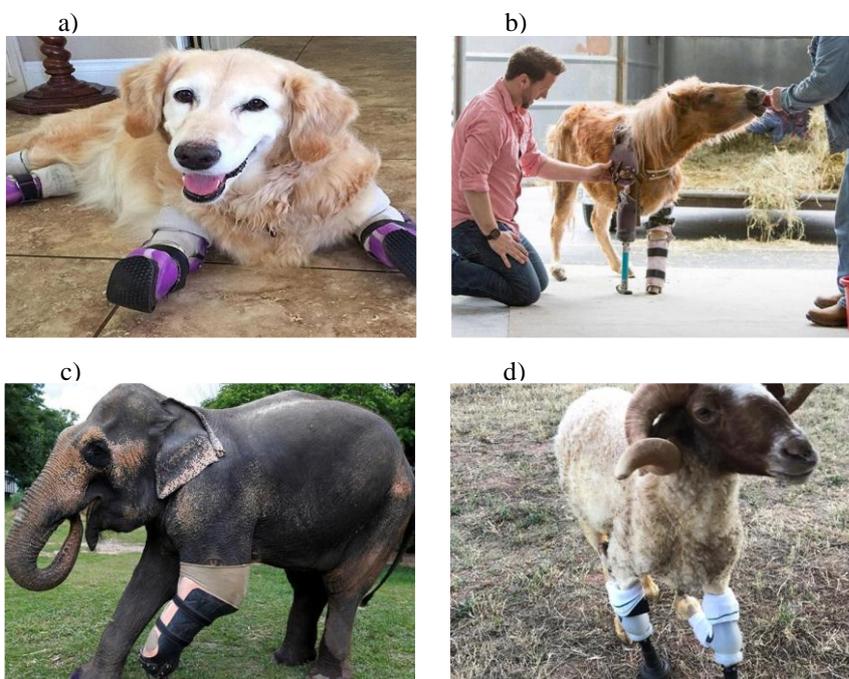
Estas prótesis son impresas como la mayoría de objetos hechos de esta misma forma. Estas impresoras funcionan como las impresoras de chorro de tinta que, en lugar de utilizar tinta, depositan el material deseado (ya sea resina o cualquier tipo de plástico) en una serie de capas sucesivas para crear un objeto procedente de un formato digital. Los dentistas usan impresoras 3D para crear réplicas de quijadas y dientes, así como otros implantes médicos. (Celeste, 2014).

. Dejando un poco de lado las ventajas físicas del dispositivo, estas prótesis son relativamente económicas ya que cuestan aproximadamente entre  $\frac{1}{3}$  y  $\frac{1}{4}$  de las convencionales. (Andrea, 2014).

### 2.1.2. Animales y Prótesis

Los animales llevan dentro de su naturaleza querer correr, saltar, cazar y jugar con otros animales igual que las personas. Y, también, igual que las personas cuando algún problema físico les impide hacer alguna de las actividades mencionadas anteriormente, merecen oportunidades médicas aunque no a todo el mundo le interese y en muchas ocasiones los abandonen por sus defectos. En la Figura 2.1(a) se muestra un labrador que nació con una malformación en sus cuatro patitas y no podía correr ni jugar, un equipo se esforzó en hacerle cuatro aparatos protésicos para que pudiera disfrutar de todas las cosas divertidas que tienen los perros. El poni, llamado Angel Marie, nació sin una de sus patas de delante y hoy puede tener una vida distinta a todo lo que había conocido gracias a la magia de la Prótesis (ver Figura 2.1(b)).

**Figura 2.1. Prótesis en animales**



Fuente: *Muy Mascotas*. (Mayo de 2018). Obtenido de Zinet Media Global: <https://www.muymascotas.es/compromiso-anim/fotos/protesis-para-animales-una-nueva-oportunidad/estrenando-cuatro-patitas>

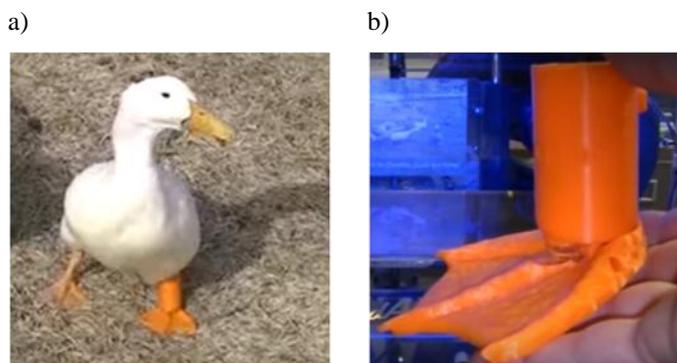
En la Figura 2.1(c) se muestra un elefante posando para la cámara y disfrutando volver a caminar gracias a una prótesis. Al igual que para animales que hayan nacido sin una extremidad también la prótesis puede ayudar a animales que tengan malformaciones en sus extremidades como es el caso del carnero de la Figura 2.1(d).

### 2.1.3. Prótesis en Mascotas

Los objetos impresos en 3D destinados a mascotas son variados. Y cada vez se encuentran más usos de esta tecnología dentro del mercado veterinario. Desde juguetes didácticos hasta prótesis para facilitarles la locomoción, pasando por chapitas identificadoras para llevar el número de contacto del dueño colgando del collar.

Para un animal que sólo tiene dos patas, perder una implica perder la capacidad de caminar. Y de nadar, es el caso de un pato de la Figura 2.2(a). Buttercup nació en Estados Unidos con la pata izquierda al revés, lo cual le impedía desplazarse por tierra y por agua. Fue llevado a un refugio, donde hicieron lo posible por mejorar su situación. La solución fue una prótesis impresa en 3D que tiene un sistema de resorte para simular el tipo de movimiento que realizan las patas reales como se muestra en la Figura 2.2(b). (Trimaker, 2016)

**Figura 2.2. Prótesis para pato**

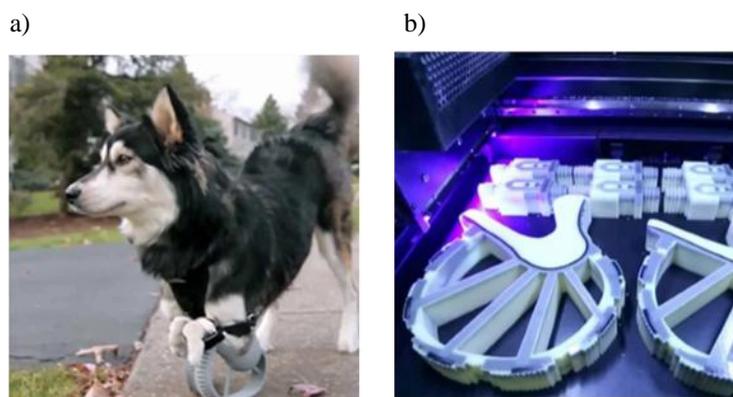


Fuente: *Trimaker*. (2016). Obtenido de Blog de Trimaker: <https://trimaker.com/impresion-3d-para-perros-gatospatos>

#### 2.1.4. Prótesis Canina

En la Figura 2.3(a) se muestra un canino con prótesis en sus patas delanteras debido a que tiene una malformación en ellas desde su nacimiento. Como es sano y joven, eso no le ha impedido moverse y desarrollarse. Pero nunca había podido correr hasta que recibió unas prótesis impresas en 3D hechas especialmente para él, en la Figura 2.3(b). Sus nuevas extremidades se adaptan a sus patitas atrofiadas y le añaden una especie de rueda de plástico flexible que rebota contra el piso cuando él se desplaza. En este video lo podemos ver corriendo feliz gracias a la impresión 3D. (Trimaker, 2016)

**Figura 2.3. Prótesis Canina**



Fuente: *Trimaker*. (2016). Obtenido de Blog de Trimaker: <https://trimaker.com/impresion-3d-para-perros-gatos-patos>

## 2.2. IMPRESORA 3D

### 2.2.1. Modelado por deposición fundida (FDM)

La tecnología FDM (Modelado por Deposición Fundida) es el método de impresión 3D más común en impresoras 3D de escritorio. El filamento termoplástico se calienta y se extruye en coordenadas de X e Y a través del cabezal de extrusión, mientras que la superficie de impresión va bajando el objeto capa por capa en la dirección Z. De este modo el objeto se imprime de abajo hacia arriba. Si se diera el caso de que un modelo

tuviera partes que sobresalen, necesitará estructuras de soporte que se puedan quitar una vez que la impresión haya finalizado. Este tipo de impresora 3D es una manera rentable de desarrollar un producto y de crear de forma rápida prototipos en los sectores de pequeñas empresas y la educación, ya que es capaz de fabricar piezas robustas de manera eficiente y rápida. (All3DP GmbH, 2018)

## 2.2.2. Partes de una Impresora 3D

### 2.2.2.1. Estructura de la Impresora

La estructura de la impresora es el armazon principal, hechas de metal cumpliendo con la estabilidad resistencia y rigidez que requiere la impresora. En la Figura 2.4 se aprecia una estructura metalica. Es una de las partes más importantes de la impresora ya que en ella van sujetos e instalados cada parte o pieza que conforma la impresora. Las estructuras varían según el tipo y el modelo de la impresora.

*Figura 2.4. Estructura General de la Impresora 3D*



Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.2.2.2. Estructura de MakerBot

La estructura del modelo de impresora MakerBot se asemeja a una caja cerrada con tapas superior, frontal y laterales transparentes como se muestra en la Figura 2.5, el cual permite visualizar proceso de impresión, por otro lado tiene un diseño robusto que lo hace manejable para su transporte, su diseño cerrado también ayuda de aislamiento contra corrientes de aire que puedan perturbar el proceso de impresión, otra de sus características es que su plataforma de impresión solo se mueve verticalmente, permitiendo una visualización directa.

**Figura 2.5. Estructura de impresora MakerBot**



Fuente: *Doctashop*. (30 de Agosto de 2018). Obtenido de Sitio Web Oficial Doctashop: <https://www.doctashop.com/computacion/1743-impresora-3d-makerbot-replicator-mini-compact-3d-printer.html>

### 2.2.2.3. Estructura P3Steel Prusa i3

La estructura P3Stell está diseñado para impresoras de modelo Prusa el cual está realizada mediante corte a láser y en acero Galvanizado de 3mm de espesor (ver Figura 2.6). Es Robusta y una vez armada la estructura y no se desajusta con las vibraciones que hace la impresora.

**Figura 2.6. Estructura de Prusa i3 P3Steel**



Fuente: *Tienda Online Diymania Impresoras 3D*. (30 de Julio de 2018). Obtenido de Sitio Oficial Diymania: <https://diymania.es/home/estructura-prusa-i3-p3steel-201-en-acero>

### 2.2.2.4. Acoples Flexibles

La forma más sencilla de transmitir potencia desde un motor a un eje es utilizando un acople. Siempre existirán problemas de alineamiento entre el eje del motor y el eje a impulsar, por lo que no es recomendable utilizar acoples rígidos para la unión. Es para esto que se utilizan acoples de tipo flexible que permiten solucionar el problema de los defectos de alineamiento. Este acople es de aluminio maquinado, posee un ranurado helicoidal y tornillos prisioneros Allen para su ajuste con los ejes (Figura 2.7).

Son muy utilizados en sistemas de control numérico controlado por computadora (CNC), impresoras 3D, fajas transportadoras.

**Figura 2.7. Acoples Flexible**



Fuente: *Orballo Printing*. (01 de noviembre de 2018). Obtenido de <https://orballoprinting.com/es/mecanica/17-rodamiento-lineal-lm8uu.html>

#### **2.2.2.5. Polea Dentada**

La polea dentada es un elemento mecánico circular que va unido a un eje giratorio con el fin de conseguir una transmisión de movimiento. La polea de aluminio GT2 es un tipo de polea que tiene una separación entre dientes de 2 milímetros. En la Figura 2.8 se aprecia la polea de tipo GT2.

**Figura 2.8. Polea Dentada**



Fuente: *Orballo Printing*. (01 de noviembre de 2018). Obtenido de <https://orballoprinting.com/es/mecanica/17-rodamiento-lineal-lm8uu.html>

A continuación, se menciona la ecuación fundamental de velocidades para transmisiones por correa (ver ecuación (2.1)).

$$\phi_1 * n_1 = \phi_2 * n_2 \quad (2.1)$$

Donde:

$\phi_1$ ; es el diámetro de la polea motriz [mm]

$n_1$ ; su velocidad de giro [rad/s]

$\phi_2$ ; es el diámetro de la polea conducida [mm]

$n_2$ ; es la velocidad de la polea conducida [rad/s]

Ecuación de la relación de transmisión ( $i$ )

La relación de transmisión es la relación que existe entre la velocidad de giro del árbol motor y la velocidad del árbol resistente (ecuación (2.2)).

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \quad (2.2)$$

Donde:

$i$ ; es la relación de transmisión.

#### 2.2.2.6. Correa Dentada

La correa dentada mas usada en impresoras 3D tiene el estandar GT2 que la separacion entre diente de 2 milímetros (ver Figura 2.9), las mismas que permites la transmision de movimiento y es el medio lineal de transmision entre piñon de motor y carro sobre el eje.

**Figura 2.9. Correa Dentada**

Fuente: *Orballo Printing*. (01 de noviembre de 2018). Obtenido de <https://orballoprinting.com/es/mecanica/17-rodamiento-lineal-lm8uu.html>

### 2.2.2.7. Varilla Roscada y Husillo

La varilla roscada es el medio de avance por medio de movimiento angular proveniente del motor a pasos. El husillo, al igual que cualquier otro tornillo, se caracteriza por el número de entradas de hilo ( $e$ ) y por el paso de la rosca ( $p$ ). Así, por ejemplo, un tornillo de 2 mm de paso y una entrada, al girar una vuelta completa sobre una tuerca produce un avance de ésta de 2mm. Sin embargo, en un tornillo con el mismo paso y dos entradas, avanza la tuerca en el mismo tiempo 4mm (Figura 2.10). La ecuación del avance está dada por la ecuación (2.3):

$$A = p * e \quad (2.3)$$

Dónde:

**A**; Avance lineal [mm]

**e**; número de entradas (hilos) [unid]

**p**; paso de la rosca [mm]

**Figura 2.10. Varilla Roscada y Tornillo guía**



Fuente: *Afel* . (2 de Noviembre de 2018). Obtenido de Sitio Web Oficial de Afel:  
<https://afel.cl/producto/varilla-rosca-8mm-x-500mm-con-rosca-tornillo-guia/?v=3acf83834396>

#### **2.2.2.8. Varillas Lisa**

Son piezas largas y macizas de superficie lisa y sección circular que se emplea como vías para el desplazamiento, existen varillas en diversos diámetros de sus secciones según requiera su aplicación (Figura 2.11).

**Figura 2.11. Varillas Lisas**



Fuente: *DHgate*. (2018). Obtenido de <https://es.dhgate.com>

### 2.2.2.9. Rodamientos Lineales

Los rodamientos lineales son elementos de deslizamiento para movimientos de traslación y evitan la adherencia y el traqueteo en el recorrido sobre el eje que trabaja, permitiendo un movimiento suave y homogéneo (ver Figura 2.12).

**Figura 2.12. Rodamiento lineal**

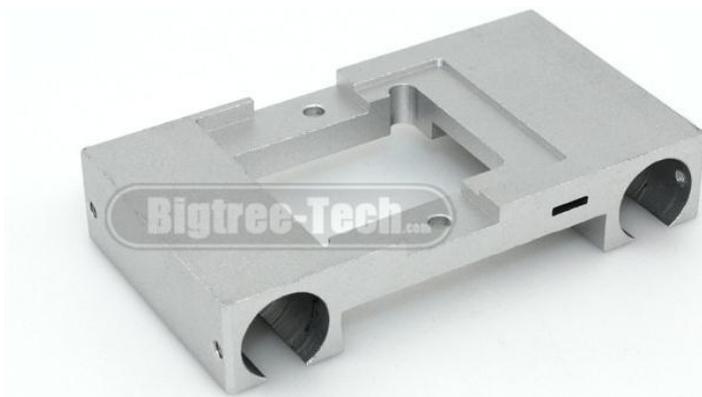


Fuente: *Orballo Printing*. (01 de noviembre de 2018). Obtenido de <https://orballoprinting.com/es/mecanica/17-rodamiento-lineal-lm8uu.html>

### 2.2.2.10. Carro de Extrusor

Es una pieza que sujeta el extrusor y se desliza por varillas lizas mediante rodamientos lineales, permitiendo el movimiento sobre el área de impresión, el material de construcción puede ser de aluminio, plástico o madera, en la Figura 2.13 se muestra un carro de material de aluminio.

**Figura 2.13. Carro de Fijación para Extrusor**



Fuente: *Bigtree - Tech*. (2018). Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/Free-shipping-3D-printer-parts-Makerbot-Replicator-X-axis-slider-metal-Extruder-single-Carriage-fixing-aluminum/32642297995.html>

### 2.2.3. Electromecánicas

#### 2.2.3.1. Motores a Paso

Los motores paso a paso son dispositivos electromecánicos (Figura 2.14), que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, esto significa que puede girar movimientos angulares controlados según se configure a paso completo o medio paso.

**Figura 2.14. Motor a Pasos**



Fuente: *Orballo Printing*. (01 de noviembre de 2018). Obtenido de <https://orballoprinting.com/es/mecanica/17-rodamiento-lineal-lm8uu.html>

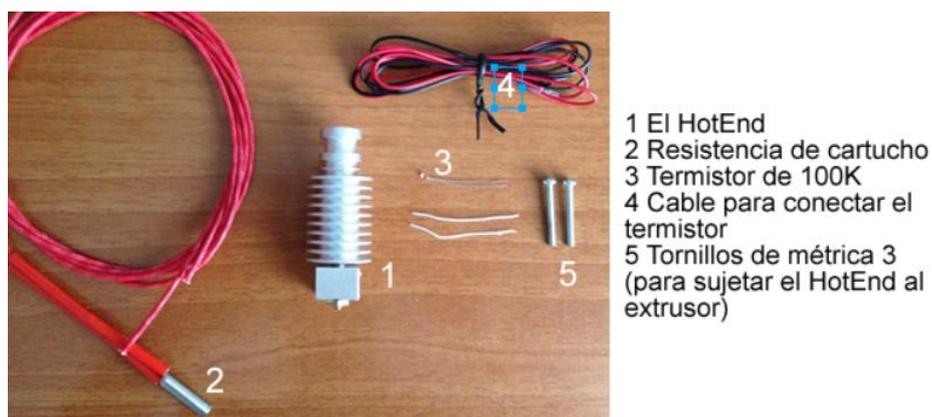
#### 2.2.3.2. Hot-End

El Hot-End, es la parte final del extrusor, el cual funde el filamento a una temperatura superior a 200°C y lo deposita sobre la superficie de impresión. Tiene tres secciones las cuales son: Zona fría, encargada de mantener el equilibrio de temperaturas, Zona de Transición es la zona donde se produce el cambio de estado del material. Está conectada con la zona fría y la zona caliente, Y en la zona Caliente, el material termina el proceso de cambio de estado y se funde por completo. También cambia su forma hasta adaptarse al diámetro de la Boquilla. En esta zona encontramos el extremo inferior de la garganta, el bloque calefactor (que no entra en contacto con el filamento) y la boquilla.

### 2.2.3.2.1. Componentes del Hot-End

El Hot-End está compuesto por los elementos de la Figura 2.15; los cuales son: resistencia de cartucho, termistor de 100K, cable para conectar el termistor, Tornillos de métrica 3 (para sujetar el Hot-End al extrusor).

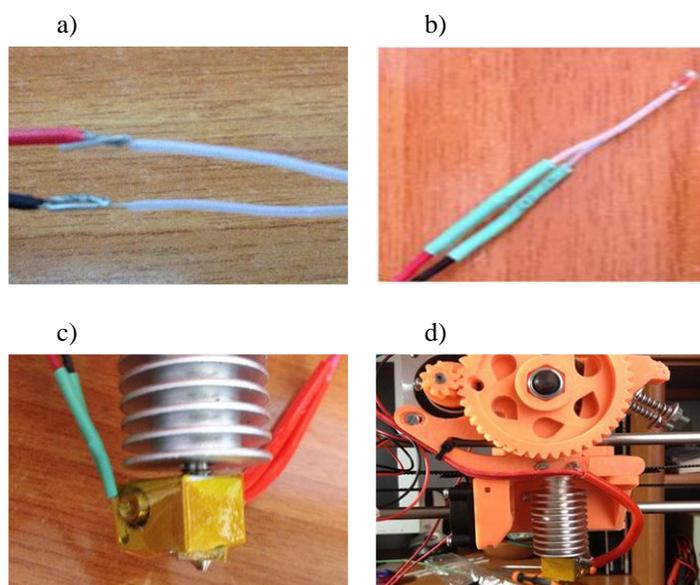
**Figura 2.15. Partes del Hot-End**



Fuente: Diosdado, R. (11 de Octubre de 2018). Zona Maker. Obtenido de <https://www.zonamaker.com>

### 2.2.3.2.2. Descripción de sus componentes

**Figura 2.16. Componentes del Hot-End**



Fuente: Diosdado, R. (11 de Octubre de 2018). Zona Maker. Obtenido de <https://www.zonamaker.com>

El Hot-End esta compuesto por un termistor que se encarga de medir la temperatura, este componente se somete a altas temperaturas por lo que su conexión requiere de aislantes con resistencia al calor (Figura 2.16 (a y b)). En la (Figura 2.16(c y d)) se aprecia aprecia el disipador y el bloque de fusion del Hot-end.

#### 2.2.3.2.3. Boquilla

Es la pieza de material de cobre que guía la extrusión de material diluido sobre el área de impresión (Figura 2.17).

**Figura 2.17. Boquilla de Extrusora de Filamento Fundido**



Fuente: *3D Store Suiza*. (2016). Obtenido de 3D Store Web Site : <https://www.3dware.ch/E3D-v6-Nozzle-Brass---1.75mm-0.40mm-En.htm>

#### 2.2.4. Electrónica

##### 2.2.4.1. Placa de Desarrollo Arduino

Arduino es el ecosistema de software y hardware de código abierto líder en el mundo. La compañía ofrece una gama de herramientas de software, plataformas de hardware y documentación que permiten a casi cualquier persona ser creativo con la tecnología (Arduino cc , 2018).

#### 2.2.4.2. Arduino Mega

Arduino Mega es una tarjeta de desarrollo de código abierto construida con un microcontrolador modelo Atmega2560 que posee pines de entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales (ver Figura 2.18). Esta tarjeta es programada en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring. Arduino puede utilizarse en el desarrollo de objetos interactivos autónomos o puede comunicarse a un PC a través del puerto serial (conversión con USB) utilizando lenguajes como Flash, Processing, MaxMSP, etc. Las posibilidades de realizar desarrollos basados en Arduino tienen como límite la imaginación. (Arduino Cl, 2018)

**Figura 2.18. Placa Arduino Mega**



Fuente: *Arduino cc* . (25 de Setiembre de 2018). Obtenido de Sitio Web Oficial Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega/>

El Arduino Mega tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reinicio. Arduino Mega incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje; simplemente conéctalo a tu PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa (9 hasta 12VDC) como se resume en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 *Características del Microcontrolador Arduino Mega 2560*

Parámetros	Descripción
Microcontrolador	ATmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Pernos de E / S digitales	54 (de los cuales 14 proporcionan salida PWM)
Clavijas de entrada analógica	Dieciséis
Corriente DC por Pin de E / S	40 mA
Corriente DC para 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	128 KB, 4 KB gestor de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

**Nota.** Fuente: *Arduino cc* . (25 de Setiembre de 2018). Obtenido de Sitio Web Oficial Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega/>

### 2.2.4.3. RepRap

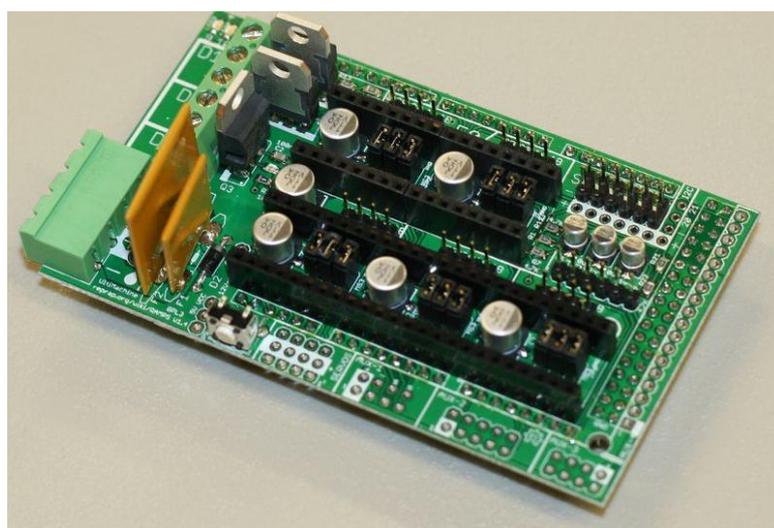
El proyecto RepRap es una iniciativa creada con el propósito de crear una máquina de prototipado rápido libre que sea capaz de replicarse a sí misma. Una máquina de este tipo puede fabricar objetos físicos a partir de modelos generados por ordenador: de la misma manera que la impresora de un ordenador permite imprimir imágenes en dos dimensiones en papel, RepRap imprime objetos en 3D a base de plástico, permitiendo la fabricación de objetos. Incluso RepRap puede generar las partes necesarias para construir otra máquina igual a ella. El proyecto repprap fue iniciado en febrero del 2004 por Andrian Bowyer en Inglaterra, pero actualmente hay personas colaborando en otras partes del mundo.

RepRap está disponible bajo la licencia GNU GPL. Esta licencia permite que podamos copiar, estudiar, distribuir y mejorar sus diseños y código fuente. Tomando como analogía la Teoría de la Evolución de Darwin, la comunidad que trabaja alrededor del proyecto puede mejorar los diseños actuales permitiendo que la máquina evolucione con el tiempo, de una manera incluso más rápida que los animales en la Naturaleza(RepRap , 2016).

#### 2.2.4.4. Ramps v1.4

La placa RAMPS 1.4 (ver Figura 2.19) es un diseño original de la comunidad RepRap. Se caracteriza por ser una solución todo en uno para controlar hasta 5 motores paso a paso con la ayuda de los controladores Pololu A4988 o DRV8825. Dispone de diversas entradas para finales de carrera, así como conectores para entrada de corriente. Está diseñada para ser utilizada junto con un Arduino MEGA 2560 y aunque mayoritariamente se utiliza como controladora para impresoras 3D, es posible utilizarla en todo tipo de proyectos donde se necesite controlar de forma eficiente hasta 5 motores paso a paso como pequeñas fresadoras CNC, sistemas X/Y/Z/A etc. (Bricogeek, 2018)

*Figura 2.19. Ramps 1.4*



Fuente: Russell, J. (28 de Agosto de 2018). *RAMPS 1.4 - RepRap*. Obtenido de Sitio Web oficial de RepRap: [https://reprap.org/wiki/RAMPS\\_1.4](https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)

**Características:**

- Diseñada para sistemas cartesianos
- Puede expandirse para otro tipo de accesorios
- Salida con 3 MOSFET para calentador, ventilador y 3 circuitos de termistores
- Fusible interno de 5A para mayor seguridad
- Salida de cama caliente con fusible adicional de 11 Amperios
- Zócalos para 5 controladores Pololu.
- Salidas I2C y SPI para futuras expansiones
- Todos los MOSFET están conectados a salidas PWM para una mayor flexibilidad
- Las diferentes conexiones tienen conectores de tipo servo de 3A, que son muy comunes y fáciles de utilizar
- Indicadores LED
- Posibilidad de conectar 2 motores en el eje Z para impresoras de tipo Prusa Mendel

**2.2.4.4.1. Configuración de micro-pasos**

Para aumentar la precisión en el motor paso a paso se usa configuraciones en el controlador para dividir un paso de motor en  $n$  divisiones en función de la ecuación (2.4):

$$\text{Micro-pasos}=(1/2)^n \quad (2.4)$$

Donde:

$n$ ; es el nivel de división

El micro paso es básicamente la división de un paso en función de la ecuación anterior la relación que estos guardan y las combinaciones de operación de controlador se detallan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Configuración de Micro-pasos en A4988

1	2	3	Tamaño de Paso
L	L	L	Paso completo
H	L	L	Medio Paso
L	H	L	1/4 de Paso
H	H	L	1/8 de Paso
L	L	H	1/16 de Paso
H	L	H	1/32 de Paso
L	H	H	1/64 de Paso
H	H	H	1/128 de Paso

**Nota.** Fuente: Russell, J. (28 de Agosto de 2018). *RAMPS 1.4 - RepRap*. Obtenido de Sitio Web oficial de RepRap: [https://reprap.org/wiki/RAMPS\\_1.4](https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)

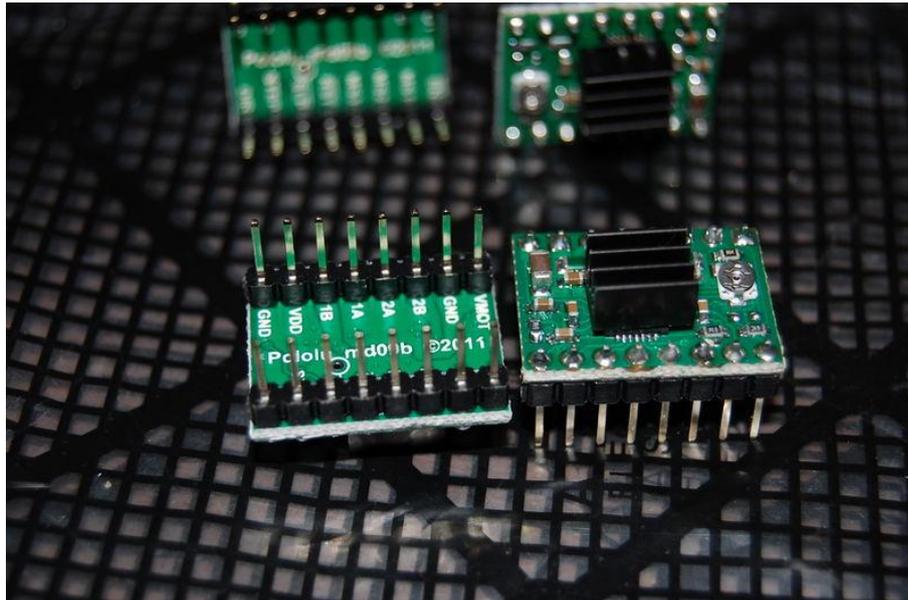
Si los puentes configuran un número de micro pasos mayor que el que admite el controlador, funcionará con el número máximo de pasos pequeños para ese controlador. Por ahora, el valor predeterminado es micro paso a paso máximo (todos los puentes instalados bajo los controladores), lo que resulta en 1/16 paso a paso pequeño para los controladores A4988 y 1/32 para DRV8825. A pesar de la eficiencia y la precisión, debe optar por los pasos más grandes que produzcan una resolución suficiente.

#### 2.2.4.4.2. Controlador POLOLU

Es el dispositivo electrónico que envía pulsos eléctricos al motor para su movimiento angular, en la Figura 2.20 se muestra las placas controladoras A4988, el dispositivo cuenta con dos puentes H y un codificador de micro-pasos. Está diseñado para accionar un motor paso a paso bipolar.

La tarjeta cuenta con un potenciómetro que permite ajustar el uso de corriente para tener movimientos más suaves y a la vez proteger al motor de algún daño. Este controlador permite operar hasta 2 amperios de corriente por bobina y un voltaje máximo de hasta 35V.

**Figura 2.20. Controlador de motor a pasos**

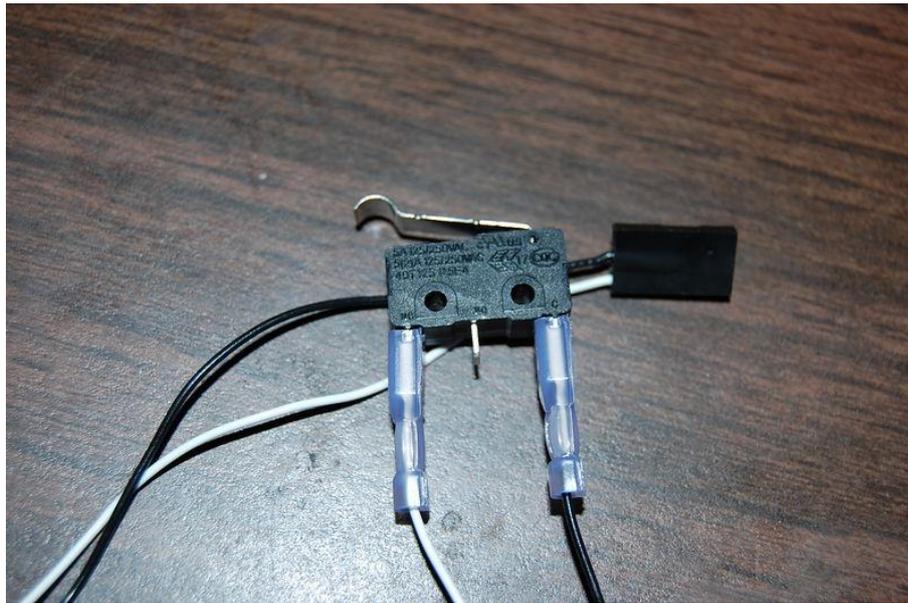


Fuente: Russell, J. (28 de Agosto de 2018). RAMPS 1.4 - RepRap. Obtenido de Sitio Web oficial de RepRap: [https://reprap.org/wiki/RAMPS\\_1.4](https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)

#### **2.2.4.4.3. Finales de carrera Mecánicos**

Los finales de carrera son topes mecánicos de contacto normalmente abierto o cerrado, situados en el final de recorrido en un elemento móvil. Estos permiten mediante su respuesta definir en un microcontrolador las acciones a tomarse. Se activa cuando el elemento sufre cambio en su estado lógico.

**Figura 2.21. Final de Carrera Mecánico**



Fuente: Russell, J. (28 de Agosto de 2018). *RAMPS 1.4 - RepRap*. Obtenido de Sitio Web oficial de RepRap: [https://reprap.org/wiki/RAMPS\\_1.4](https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)

#### **2.2.4.4.4. Termistor**

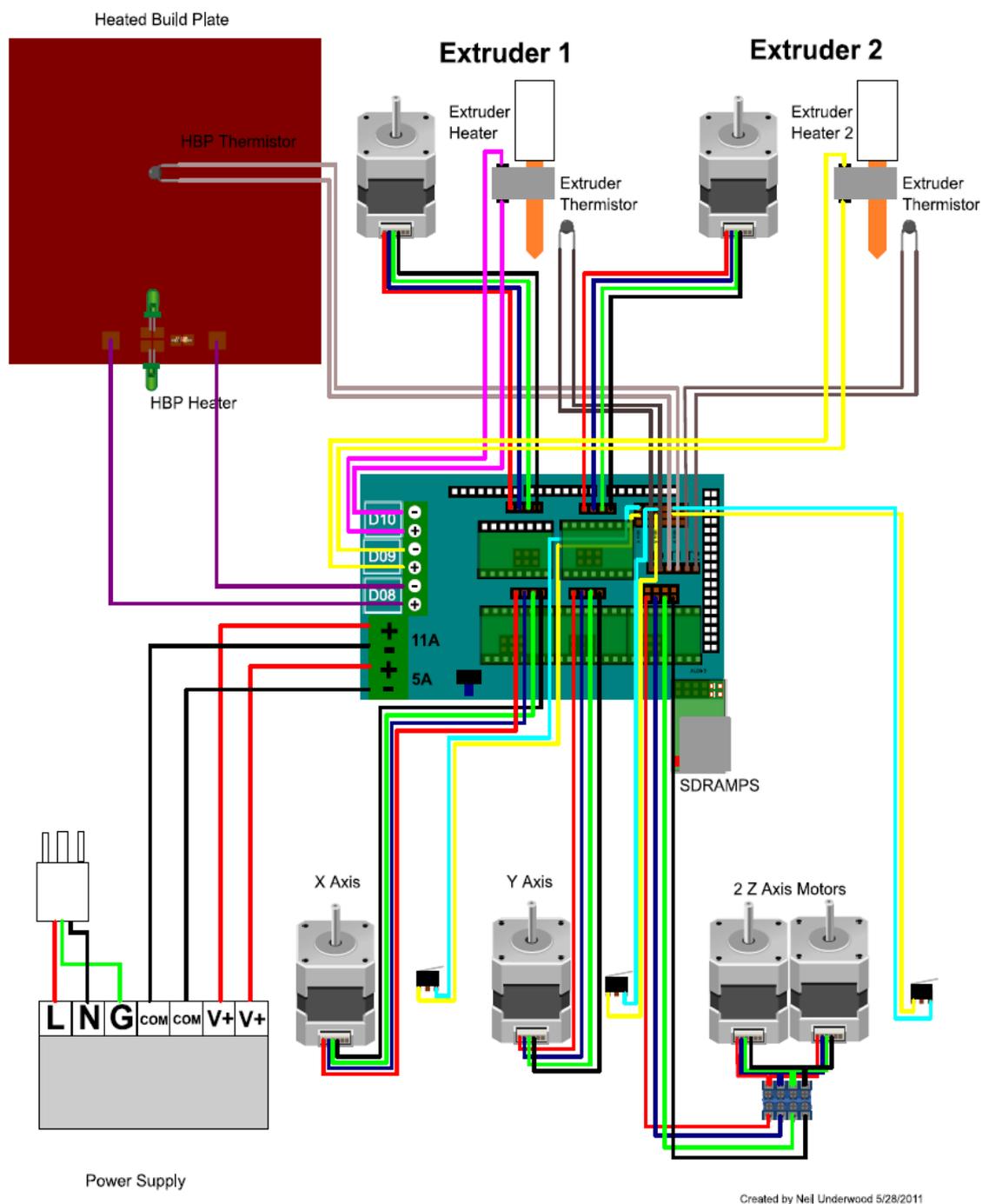
Es el dispositivo que se encarga de medir la temperatura del Hot-End y de la cama caliente, su principio de funcionamiento es resistivo, su conexión es directa a la Ramps mediante dos conductores de .05 mm de diámetro, su rango de medición de temperatura es desde -50°C hasta 280°C para un sensor NTC de 100K.

#### **2.2.4.4.5. Conexionado**

Las conexiones de la Ramps se explica en el diagrama de la Figura 2.22 en donde la placa Ramps permite montar los driver de los motores paso a paso, sensores de temperatura, finales de carrera, ventilador de capa, conexionado de la cama caliente, el extrusor, escudo de conexión para pantalla LCD, escudo de conexión para tarjeta SD y la fuente de alimentación que energizará todo el sistema.

Figura 2.22. Diagrama de conexión de motores y componentes a la Ramps 1.4

## RepRap Arduino Mega Pololu Shield 1.3

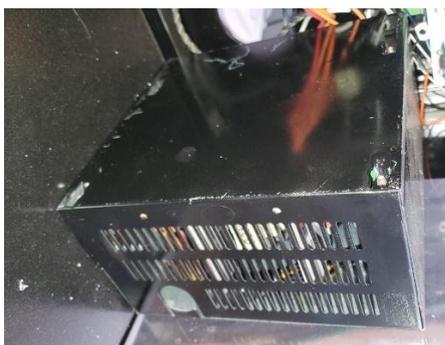


Fuente: Russell, J. (28 de Agosto de 2018). *RAMPS 1.4 - RepRap*. Obtenido de Sitio Web oficial de RepRap: [https://reprap.org/wiki/RAMPS\\_1.4](https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)

### 2.2.4.5. Fuente ATX

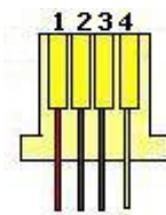
La fuente de alimentación ATX (Tecnología Avanzada Extendida) es un dispositivo que convierte la corriente alterna en corriente continua, cuenta con salidas de 3.3, 5 y 12 voltios que se utiliza para suministrar energía eléctrica para el correcto funcionamiento de los dispositivos electrónicos.

**Figura 2.23. Fuente de alimentación ATX**



Elaborado por el equipo de trabajo

**Figura 2.24. Conector de fuente ATX**



Fuente: Sitio oficial de Informatica moderna. (24 de Junio de 2018). Obtenido de Informatica moderna: [http://www.informaticamoderna.com/Fuente\\_ATX.htm](http://www.informaticamoderna.com/Fuente_ATX.htm)

*Tabla 2.3 Distribución de voltaje por color de cable*

PIN	Color	Voltaje (V)
1	Rojo	5
2	Negro	GND
3	Negro	GND
4	Amarillo	12

**Nota.** Fuente: *Sitio oficial de Informatica moderna.* (24 de Junio de 2018). Obtenido de Informatica moderna: [http://www.informaticamoderna.com/Fuente\\_ATX.htm](http://www.informaticamoderna.com/Fuente_ATX.htm)

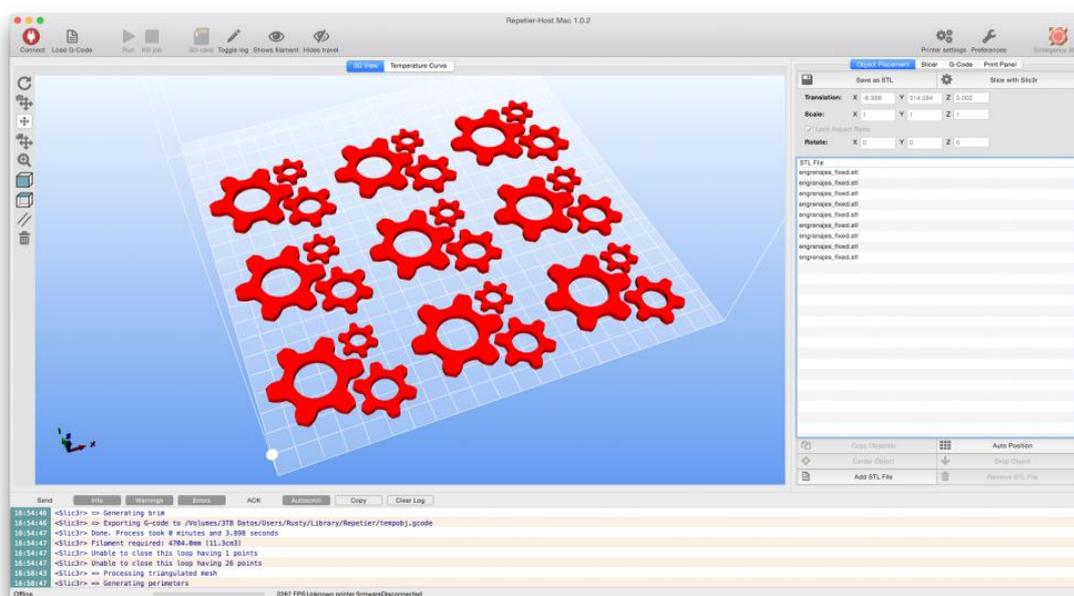
## 2.2.5. Software

### 2.2.5.1. Repetier Host

Repetier Host es un software de análisis y configuración de archivos para impresión 3D. Nos permite generar un archivo .gcode que nuestra impresora pueda interpretar a partir de uno o varios modelos 3D en formato .stl.

Este software es compatible con la mayoría de firmwares de impresoras 3D, nos permite importar objetos, distribuirlos a nuestro gusto en la plataforma de impresión y configurar todos los parámetros necesarios: temperatura, velocidad, patrón y cantidad de relleno, altura de capa. Tarea que realiza gracias a la integración de Slic3r y Skeinforge. (Lobato Carreño, Ruano Martín, & Márquez Sánchez, 2018)

**Figura 2.25. Entorno de Trabajo de Software Repetier Host**



Fuente: Lobato Carreño, G., Ruano Martín, M., & Márquez Sánchez, S. (11 de Setiembre de 2018). *Educatibot*. Obtenido de Educatibot: <http://educatibot.com/impresion-3d/programas/repetier-host/>

### 2.2.5.2. Slicer

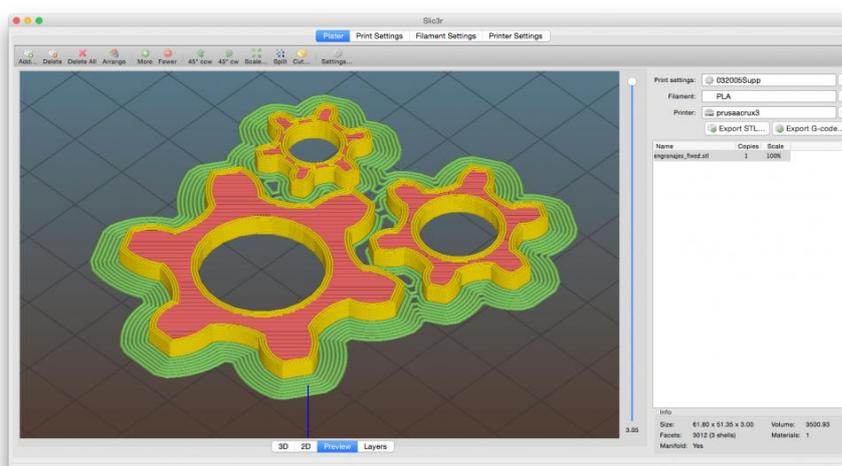
Slic3r es un software de análisis y gestión de archivos 3D que nos permite generar archivos .gcode, la impresora 3D puede interpretar a partir de uno o varios archivos .stl. Este software se puede utilizar de manera independiente, pero a menudo se usa integrado dentro de otros más complejos, como es el caso de Repetier Host. Este software está representado por el logotipo que se muestra en la Figura 2.26, su entorno de trabajo se puede apreciar en la Figura 2.27.

**Figura 2.26. Logotipo Slicer**



Fuente: Lobato Carreño, G., Ruano Martín, M., & Márquez Sánchez, S. (11 de Setiembre de 2018). *Educatibot*. Obtenido de Educatibot: <http://educatibot.com/impresion-3d/programas/repetier-host/>

**Figura 2.27. Interfaz Gráfica Slicer**

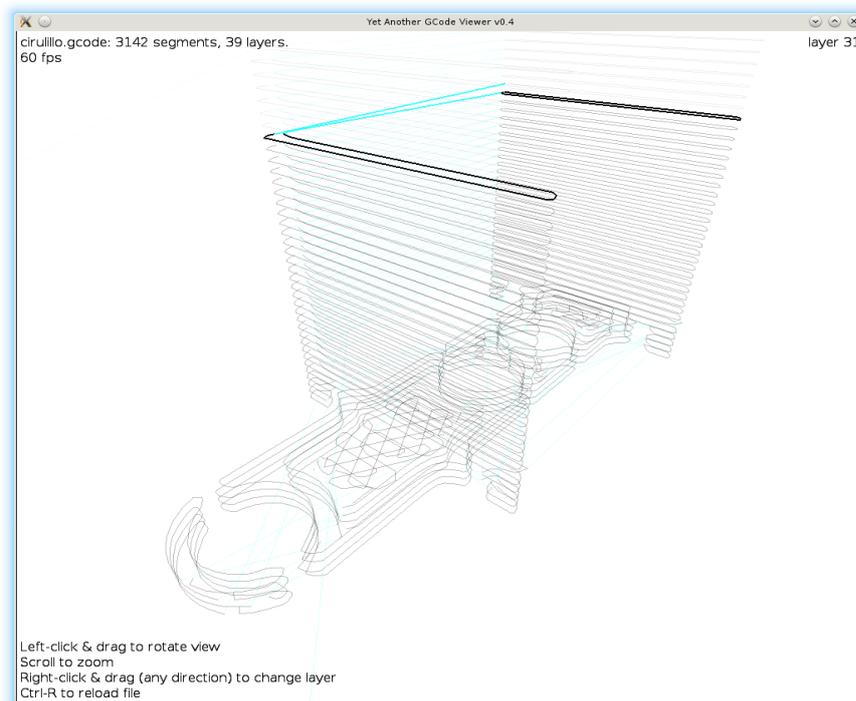


Fuente: Lobato Carreño, G., Ruano Martín, M., & Márquez Sánchez, S. (11 de Setiembre de 2018). *Educatibot*. Obtenido de Educatibot: <http://educatibot.com/impresion-3d/programas/repetier-host/>

### 2.2.5.3. G-Code

El G-Code es el nombre de un lenguaje de descripción de operaciones para máquinas de control numérico por ordenador (CNC) que puede ser usado también como lenguaje de programación para controlar estos dispositivos para simplificar operaciones utilizando, por ejemplo, bucles. Desde que se estandarizó en los 80 como ISO 6983, el G-Code es el lenguaje más utilizado en la fabricación por ordenador. Aunque existen ampliaciones e implementaciones de algunos fabricantes así como estándares alternativos al internacional en algunos países, es más que probable que cualquier máquina de control numérico moderna sepa interpretar el G-Code básico.

El estándar alemán DIN 66025 es la alternativa que más probablemente llegue a nuestro entorno tanto por su área de influencia como por su importante presencia en el mercado industrial. Su almacenamiento es en formato de texto, es decir, puede leerse (y modificarse) con un editor de texto plano aunque lo más habitual es que se genere y se visualice desde una aplicación de modelado y/o fabricación 3D o alguna herramienta o accesorio específico. En la Figura 2.28 muestra capturas de pantalla de una pieza en el visualizador yagv y en GCode Viewer, GCode Analyzer ambos licenciados como software libre por Alex Ustyantsev. (Ventura, 2014).

**Figura 2.28. Análisis de Capa**

Fuente: Ventura, V. (03 de Diciembre de 2014). *Blog Polaridad*. Obtenido de Blog Polaridad.es: <https://polaridad.es/>

El G-Code describe el movimiento y las diferentes operaciones que la máquina CNC debe realizar para la fabricación del objeto que se describe. Se ha popularizado mucho gracias a la impresión 3D, en ese uso el G-Code especifica dónde posicionar el extrusor, en horizontal y vertical, cuánto calentarlo y cómo disponer el filamento entre otras cosas. Las impresoras 3D suelen ser sistemas de 3 ejes: X, Y (plano) y Z (altura). Los sistemas de 4 o 5 ejes añaden información sobre giros de los cabezales de fabricación, y están presentes, por ejemplo, en tornos y fresadoras CNC. (Ventura, 2014).

## **2.3. ESCANER 3D**

El escaneo tridimensional se ha utilizado ampliamente durante muchos años para la ingeniería inversa y la inspección de piezas. Aquí nos centramos en la adquisición de modelos 3D para aplicaciones de gráficos por computadora. Por modelo 3D, se refiere a una descripción numérica de un objeto que se puede utilizar para representar imágenes del objeto desde puntos de vista arbitrarios y bajo condiciones de iluminación arbitrarias. Consideramos modelos que se pueden utilizar para simular la apariencia de un objeto en entornos sintéticos novedosos. Además, los modelos deben ser editables para proporcionar la capacidad de usar objetos físicos existentes como punto de partida para el diseño de nuevos objetos en sistemas de modelado por computadora. (Bernardini, 2002)

### **2.3.1. Tipos de escaner 3D**

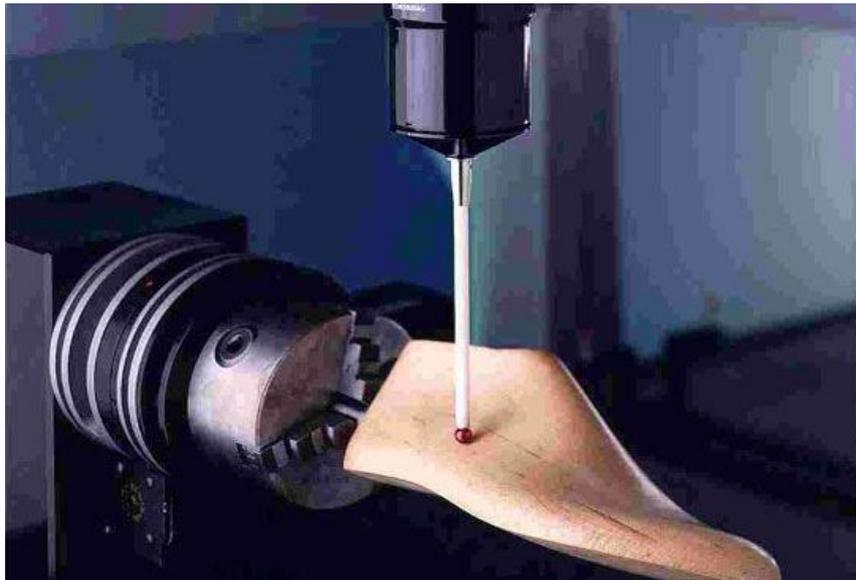
#### **2.3.1.1. Por Contacto**

Son las que exploran la superficie de los objetos por medio del contacto físico. Alcanzan gran precisión y son usados frecuentemente en la industria. Sin embargo, el tiempo de escaneo es lento en comparación con otros métodos y al depender del contacto físico puede causar daños o modificaciones a la superficie de los objetos. Por ello, no es recomendable en arqueología o conservación. Uno de los sistemas más comunes de escaneo por contacto es el llamado Sistema de Posicionamiento Tridimensional o Coordinate Machine Measurement. (Reyes Solís & Jiménez Badillo, 2018)

##### **2.3.1.1.1. Sistema de Posicionamiento Tridimensional**

El sistema de posicionamiento tridimensional CMM (Coordinate Machine Measurement). Es un sistema de escaneo que tiene un palpador que va recorriendo la pieza capturando la geometría de la misma. O simplemente se toca con el palpador en diferentes puntos del objeto para conseguir las coordenadas XYZ (Figura 2.29).

**Figura 2.29. Método de Escaneado por Contacto**



Fuente: GP, L. (2018). *D3D Digitalización 3D*. Obtenido de Sitio Web Oficial D3D :  
<https://www.digitalizacion-3d.com/que-es-y-para-que-sirve-un-escaner-3d/>

Para objetos artísticos, históricos o de valor, prácticamente están en desuso ya que el palpador puede dañar la superficie de la pieza. Donde sí son bastante útiles son para control dimensional en fabricación ya que su precisión es muy elevada. Como ejemplos tenemos las maquinas tridimensionales que se usan en ingeniería, los brazos del fabricante faro o las Cyclone de Renishaw. (GP, 2018)

#### **2.3.1.1.2. Punta montada sobre un brazo robot (Joint Arms)**

Opera sobre el mismo principio de contacto de los Sistemas de Posicionamiento Tridimensional, con la diferencia que son dispositivos ligeros, fácilmente transportables, que se pueden montar sobre cualquier superficie rígida. Cuentan con articulaciones que permiten al operador del escáner girar la sonda de medición en cualquier dirección, teniendo puntas exploratorias intercambiables que pueden ser utilizadas dependiendo de las características de la superficie del objeto (Figura 2.30).

Esto hace de los brazos robot herramientas de inspección versátiles. El procedimiento de captura de datos es relativamente fácil, basta con tocar la superficie que se desea escanear con la sonda, hacer clic en el botón de grabación y pasar a la próxima medición (Reyes Solís & Jiménez Badillo, 2018).

**Figura 2.30.** Escaneo por medio de punta exploratoria en brazo robot



Fuente: Reyes Solís, J. A., & Jiménez Badillo, D. (19 de Julio de 2018). *MRA Red Mexicana de Arqueología*. Obtenido de Sitio web Oficial MRA : <http://remarq.ning.com/page/tecnicas-para-el-modelado-tridimensional-de-artefactos-arqueologi>

### 2.3.1.2. Sin Contacto

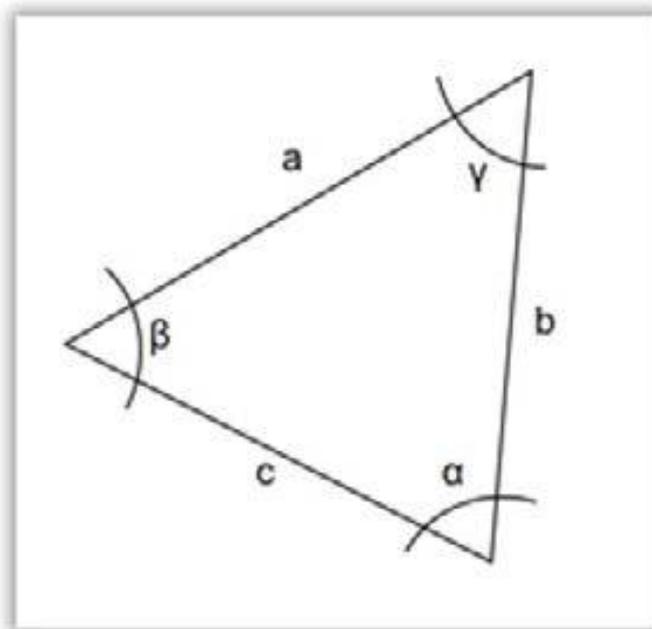
Este tipo de escáneres funcionan sin la necesidad de tocar físicamente el objeto escaneado, sino que utilizan algún tipo de radiación como puede ser la luz (láser, infrarojo, natural) o el ultrasonido, entre otros. Los escaneres de tipo sin contacto se clasifican en activos y pasivos los cuales a continuación se describen y sus métodos de escaneo de cada uno.

### 2.3.1.3. Activos

#### 2.3.1.3.1. Método de Triangulación

Los triángulos son la base de muchas técnicas de medición. Se utilizaron en mediciones geodésicas básicas en la Grecia antigua y todavía pueden encontrarse en las modernas cámaras 3D basadas en láser, en la Figura 2.31 se muestra un triángulo con sus componentes. En la ecuación (2.5) muestra los fundamentos matemáticos del triángulo (trigonometría), que son la base de las técnicas de medición por triangulación, han sido atribuidos al filósofo griego Tales (siglo VI A.C.). (Romeral P., 2014).

**Figura 2.31. Fundamentos Matemáticos de la Triangulación**



Fuente: Romeral P., F. (2014). Flujo de Trabajo en Proyectos de Modelización 3D con Equipos Láser Escaner. (Tesis de Grado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

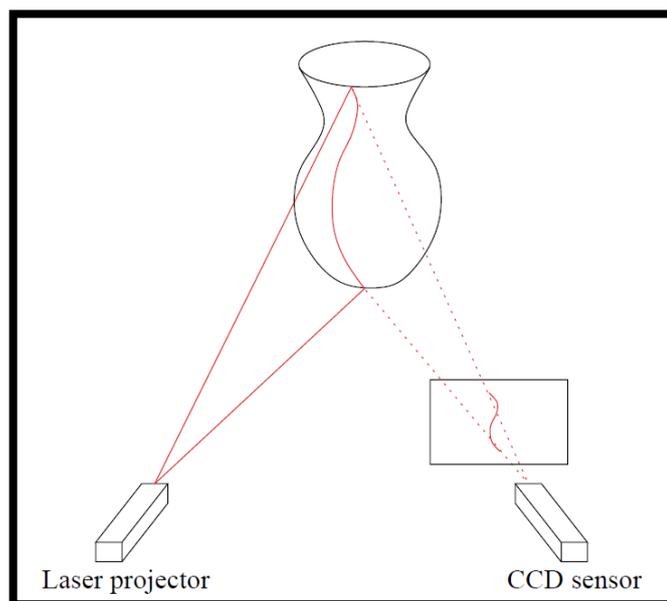
$$\frac{a}{\text{sen}(\alpha)} = \frac{b}{\text{sen}(\beta)} = \frac{c}{\text{sen}(\gamma)} \quad (2.5)$$

### 2.3.1.3.2. Laser

Los escáneres de rango más comunes son los sistemas de triangulación laser. En la Figura 2.32 un sistema de iluminación proyecta un patrón de luz sobre el objeto a escanear, posiblemente un punto o una línea producida por un láser, o un patrón detallado formado por una fuente de luz común que pasa a través de una máscara o tobogán. Un sensor, frecuentemente una cámara CCD, detecta la luz reflejada del objeto.

El software provisto con el escáner calcula una serie de valores de profundidad, que se pueden convertir a posiciones de puntos 3D en los sistemas de coordenadas del escáner, utilizando la posición calibrada y la orientación de la fuente de luz y el sensor. El cálculo de la profundidad puede hacerse robusto mediante el uso de nuevas ópticas, como los sistemas de escaneo láser desarrollados en el Consejo Nacional de Investigación de Canadá. Alternativamente, los cálculos pueden hacerse robustos utilizando sensores múltiples.

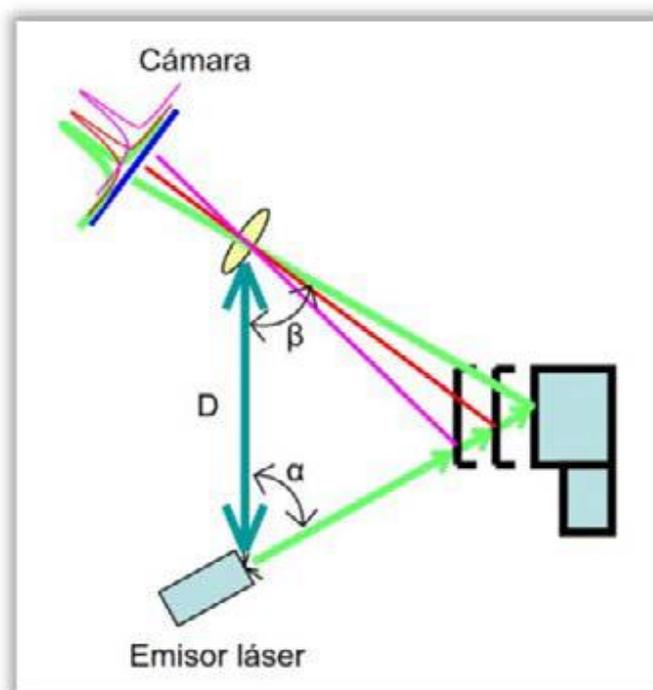
**Figura 2.32. Principios de un sistema de triangulación láser**



Fuente: Bernardini, F. &. (2002). The 3D Model Acquisition Pipeline. *Computer Graphics Forum*, 151.

Un escáner láser por triangulación utiliza principios antes mencionados para investigar el entorno. Se dirige un patrón láser sobre el objeto y se emplea una cámara para buscar la localización de la proyección del mismo. El emisor láser y la cámara se instalan con un ángulo constante, creando un triángulo entre ellos y la proyección, la proyección del láser cambia el campo de la visión de la cámara en función de la distancia a la cámara.

**Figura 2.33. Esquema de un láser escáner**



Fuente: Romeral P., F. (2014). Flujo de Trabajo en Proyectos de Modelización 3D con Equipos Láser Escaner. (*Tesis de Grado*). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

En la Figura 2.33 se observa que el lado  $D$  del Triángulo es conocido, es decir, la distancia entre la cámara y el emisor láser. El ángulo del emisor láser  $\alpha$ , también es conocido. El ángulo de la cámara  $\beta$  puede ser determinado encontrando la localización del haz de láser en el campo de visión de la cámara. Estos tres elementos determinan completamente la forma y el tamaño del triángulo y proporcionan la profundidad exacta del objeto medio. (Romeral P., 2014)

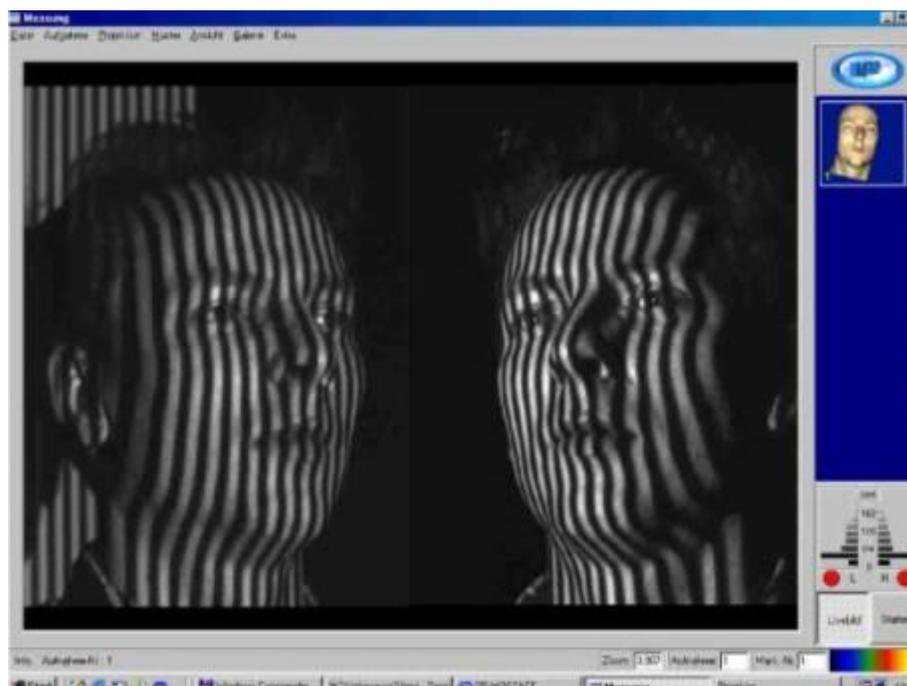
### 2.3.1.3.3. Luz Estructurada

El objetivo de esta técnica es la introducción de información geométrica en la iluminación para facilitar la extracción de la profundidad de la escena que se pretende digitalizar tal como se muestra en la Figura 2.34. Este tipo de escáneres proyectan una línea de luz en el objeto y miran la deformación de la luz provocada por la superficie del mismo con base a las diferentes distancias en las que choca la luz. Esto produce una imagen bidimensional, que al ser complementada con la información de la profundidad produce una referencia tridimensional de cada punto capturado.

La información de profundidad se adquiere del desplazamiento relativo de los diferentes puntos de la línea de luz. La ventaja de esta técnica de escaneo es que realiza mediciones de múltiples puntos a la vez, agilizando el tiempo de escaneo de objetos o ambientes. Utilizar esta técnica requiere del procesamiento de múltiples imágenes para generar la escena completa, y el ángulo de captura servirá como referencia para establecer la ubicación espacial de los puntos concordantes.

Estas se generarán al desplazar la fuente de luz o al mover la escena de manera que el ángulo cambie. Una variante de este método es la aplicación de un patrón de luz (rejilla de difracción) formado por la proyección simultánea de múltiples líneas sobre la escena a capturar, lo que permite recopilar toda la información en una sola toma. (Li, 2004).

**Figura 2.34. Escaneo mediante el método de luz estructurada**



Fuente: Reyes Solís, J. A., & Jiménez Badillo, D. (19 de Julio de 2018). MRA Red Mexicana de Arqueología. Obtenido de Sitio web *Oficial MRA* : <http://remarq.ning.com/page/tecnicas-para-el-modelado-tridimensional-de-artefactos-arqueologi>

El patrón de luz suele consistir en un conjunto de líneas paralelas generadas bien por interferencia láser o por proyección. Si se realiza mediante la proyección del patrón de luz los escáneres estarían en la categoría descrita en el apartado de escáneres activos de triangulación (Triangulación Óptica). En algunos casos de estos equipos de interferencia láser o de proyección óptica, dos cámaras fotográficas situadas a los lados del emisor de luz permiten obtener mejores resultados. (Romeral P., 2014, pág. 41)

#### **2.3.1.3.4. Metodo de Tiempo de Vuelo**

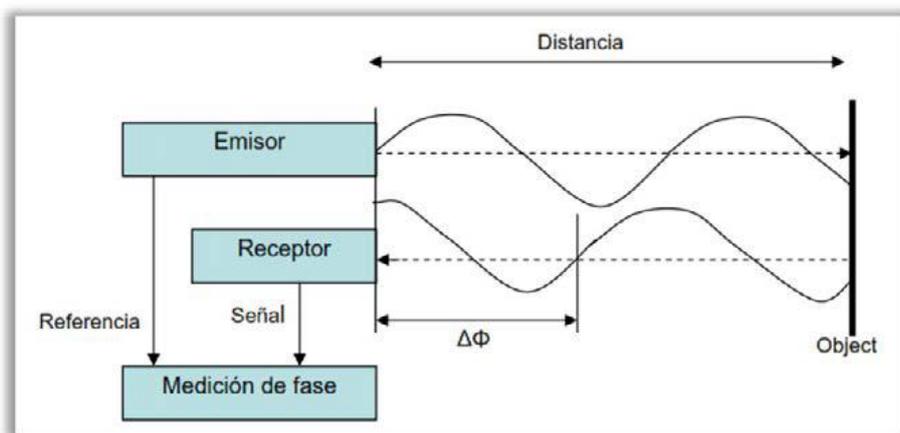
Una clase alternativa de escáneres de rango son los sistemas de tiempo de vuelo. Estos sistemas envían un breve impulso de luz y estiman la distancia por el tiempo que tarda la luz reflejada en regresar. Estos sistemas se han desarrollado casi a tiempo real y se pueden utilizar en distancias grandes (por ejemplo, 100 m).

Los sistemas de tiempo de vuelo requieren una alta precisión en las mediciones de tiempo, por lo que los errores en la medición de tiempo limitan fundamentalmente la precisión con la que se miden las profundidades. (Bernardini, 2002)

### 2.3.1.3.5. Diferencia de Fase

La diferencia de fase es otro principio de medición basado en el tiempo evita el uso de relojes de alta precisión modulando la potencia del haz láser (ver Figura 2.35). La luz emitida (incoherente) se modula en amplitud y se envía a una superficie. La reflexión dispersa se captura y un circuito mide la diferencia de fase entre las ondas enviada y recibida, y por tanto el tiempo. (Romeral P., 2014).

**Figura 2.35. Esquema de un láser escáner de fase**



Fuente: Romeral P., F. (2014). Flujo de Trabajo en Proyectos de Modelización 3D con Equipos Láser Escaner. (*Tesis de Grado*). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

### 2.3.1.3.6. Holografía Conoscópica

Es una técnica interferométrica que consiste en hacer pasar un rayo reflejado en una superficie a través de un cristal birrefringente, es decir, cristal que tiene dos índices de refracción, uno fijo y otro que dependerá del ángulo de incidencia. De esta manera se obtendrán dos rayos paralelos que interferirán con una lente cilíndrica. Esta interferencia será capturada por un sensor CCD y la frecuencia de esta interferencia determinará la posición del objeto.

Las ventajas de esta técnica son, la alta precisión que alcanza (mejores que una micra) y el poder utilizar luz no coherente. La fuente de iluminación no tiene porqué ser un láser, la única condición es que sea monocromática. (Romeral P., 2014)

#### **2.3.1.3.7. Luz Modulada**

Escáneres 3D de luz modulada emiten una luz continuamente cambiante en el objeto. Generalmente la fuente de luz simplemente cicla su amplitud en un patrón sinodal. Una cámara detecta la luz reflejada y la cantidad que el patrón de luz cambia para determinar la distancia viajada por la luz.

#### **2.3.1.4. Pasivos**

##### **2.3.1.4.1. Estereoscópicos**

Los sistemas estereoscópicos emplean generalmente dos cámaras de video, levemente separadas, examinando la misma escena (Figura 2.36). Analizando las diferencias entre las imágenes capturadas por cada cámara, es posible determinar la distancia de cada punto en las imágenes. Este método se basa en la visión estereoscópica humana. (Romeral P., 2014).

**Figura 2.36. Estereoscopio**



Fuente: Romeral P., F. (2014). Flujo de Trabajo en Proyectos de Modelización 3D con Equipos Láser Escáner. (Tesis de Grado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

#### **2.3.1.4.2. Silueta**

Este tipo de escáneres 3D usan bosquejos creados de una sucesión de fotografías alrededor de un objeto tridimensional contra un fondo muy bien contrastado. Estas siluetas se estiran y se cruzan y se cruzan para formar la aproximación visual Hull (es una entidad geométrica creada por la técnica de la forma de la silueta de la reconstrucción 3D) del objeto. Esta clase de técnicas no son capaces de detectar algunas concavidades de un objeto (como el interior de un tazón). (Romeral P., 2014)

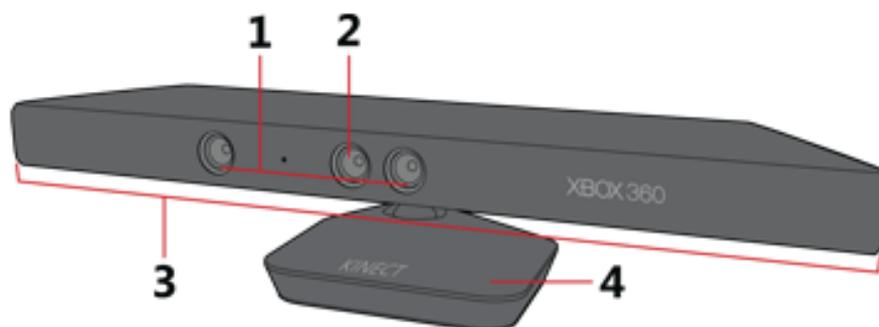
#### **2.3.1.5. Sensor Kinect**

Kinect para Xbox 360, es un controlador de juego y entretenimiento desarrollado por Microsoft para la videoconsola Xbox 360 también para PC a través de Windows 7 y Windows 8. Creado por Alex Kipman, desarrollado por Microsoft y desde junio del 2011 para PC a través de Windows 7 y Windows 8. Kinect permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tener contacto físico con un controlador de videojuegos tradicional, mediante una interfaz natural de usuario que reconoce gestos, comandos de voz, y objetos e imágenes.

##### **2.3.1.5.1. Características del Kinect**

El sensor Kinect que se muestra en la Figura 2.37 cuenta con sensores de profundidad (cámara infrarroja), cámara RGB, proyector infrarrojo, arreglo de micrófonos y cada uno de sus características de detallan a continuación.

**Figura 2.37. Partes superficiales de un sensor Kinect**



Fuente: Noto, S. (2018). *Kinect 2 Santiago Noto*. Obtenido de Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción: <https://docplayer.es/69676129-Kinect-2-santiago-noto-universidad-catolica-nuestra-senora-de-la-asuncion-asuncion-paraguay.html>

**Sensores de profundidad 3D (1):** Los sensores tridimensionales realizan un seguimiento del cuerpo en el área de juego.

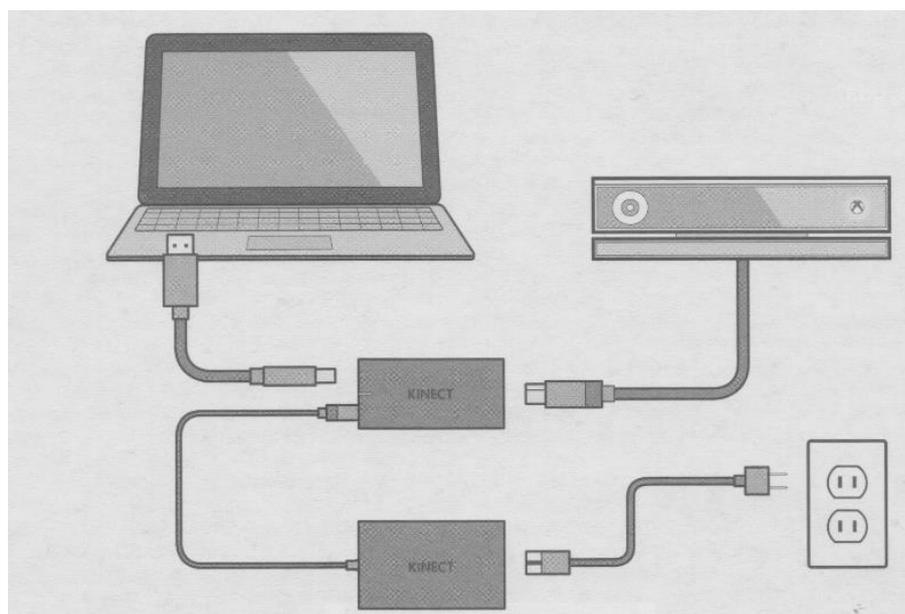
**Cámara RGB (2):** La Cámara RGB (rojo, verde, azul) permite identificarle y sacar fotos y videos en el juego. La cámara provee de las siguientes características:

- Lentes de color y sensor de profundidad
- Campo de visión horizontal: 57 grados
- Campo de visión vertical: 43 grados
- Rango de inclinación física: 27 grados
- Rango de profundidad del sensor: 1,2 - 3,5 metros
- 320 x 240 a 16 bits de profundidad, 30fps
- 640 x 480 32-bit de color, 30fps
- Rastrea hasta 6 personas, incluyendo 2 jugadores activos
- Rastrea 20 articulaciones por jugador activo

**Micrófono multi-matriz (3):** En la parte inferior delantera del sensor Kinect hay una serie de micrófonos que se usan para reconocimiento de voz y charla.

**Inclinación motorizada (4):** Una unidad mecánica en la base del sensor de Kinect lo inclina automáticamente hacia arriba o hacia abajo según sea necesario. (Noto, 2018, págs. 2, 3)

**Figura 2.38. Esquema de Conexión de Sensor Kinect, Fuente de Alimentación y PC**



Fuente: Kinect, M. 3. (2015). Trabajo Fin de Grado. (*Tesis de Grado*). Universidad Publica de Navarra, Pamplona.

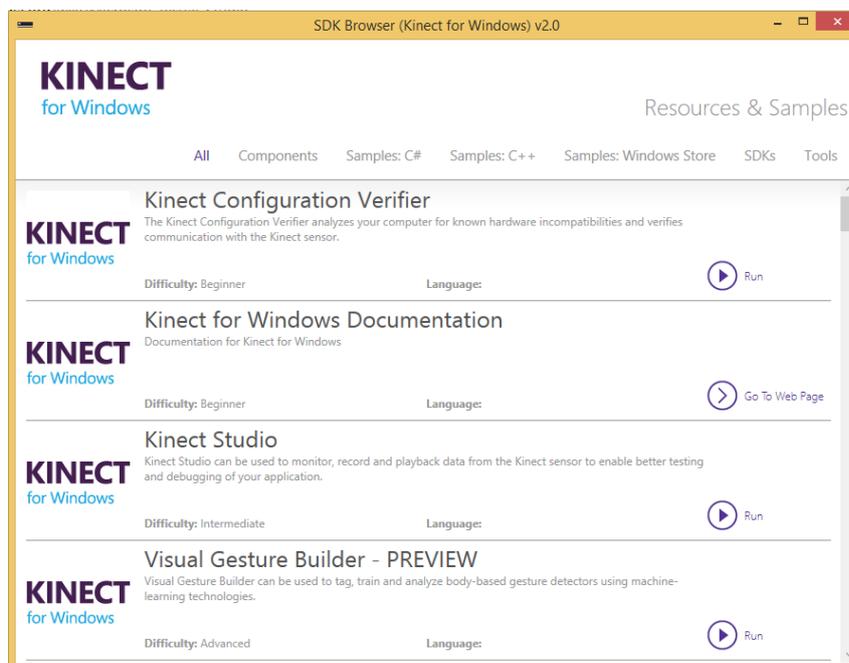
### 2.3.1.5.2. Kinect como Escáner 3D

La videoconsola Kinect cuenta con las características mencionadas anteriormente de modo que cumple con los requerimientos para funcionar como un escáner 3D haciendo algunos arreglos y adicionando algunos componentes mecánicos, electrónicos e informáticos; como una plataforma rotatoria, controlador de plataforma y software de escaneo respectivamente, de modo que se pueda obtener el objeto tridimensional digital desde una PC (laptop).

### 2.3.1.6. SDK Microsoft

Un Kit de desarrollo de software SDK (Software Development Kit), es un conjunto de herramientas y/o programas de desarrollo de software que permiten al programador crear aplicaciones para un determinado paquete de software, plataforma de hardware, sistema operativo, videoconsola. En la Figura 2.39 se muestra una ventana de Windows con el listado de complementos que trae el “SDK Browser” programa proporcionada por el SDK de Kinect, que permite la descarga de documentación y códigos de ejemplo que sirven para el desarrollo de aplicaciones básicas.

**Figura 2.39. Complementos SDK Browser**



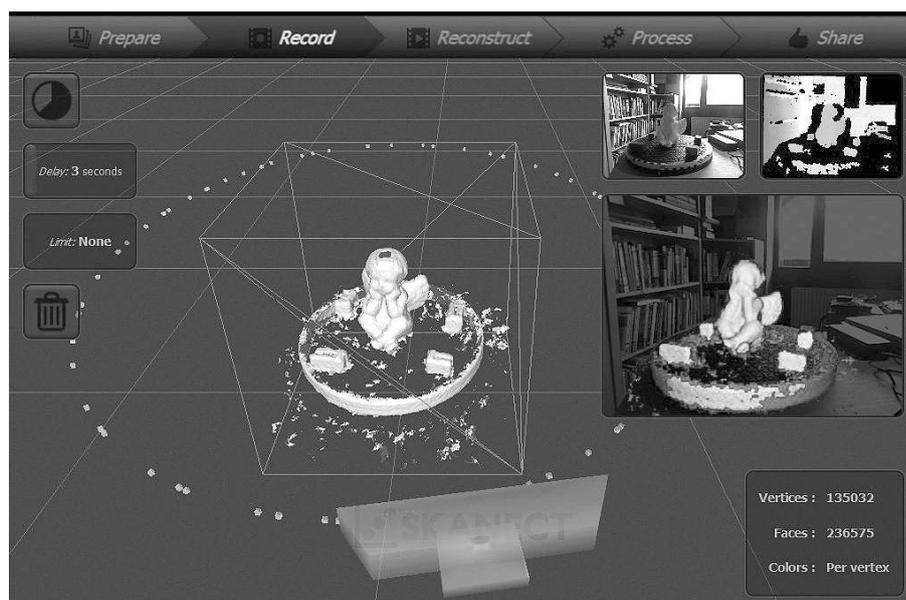
Fuente: Kinect, M. 3. (2015). Trabajo Fin de Grado. (*Tesis de Grado*). Universidad Publica de Navarra, Pamplona.

### 2.3.1.7. Skanect

Skanect es un software basado en visión artificial, es compatible con las cámaras de profundidad Primesense, Asus Xtion y Kinect para capturar un modelo 3D a todo color de un objeto y crear mallas 3D en la Figura 2.40 se muestra el entorno de trabajo de Skanect.

Skscanct ofrece cinco pestañas de menú: Preparar, Grabar, Reconstruir, Procesar, Compartir. La preparación de un escaneo requiere algunas configuraciones para el volumen del objeto, una ruta para guardar archivos o leer configuraciones de archivos predefinidos. (Pomaska, 2013, pág. 497).

**Figura 2.40. Entorno de trabajo de Skscanct**



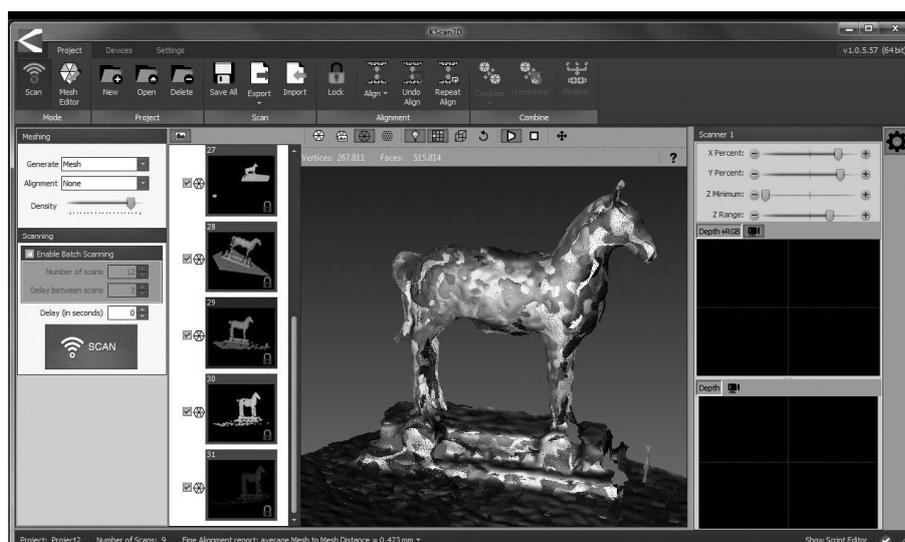
Fuente: Pomaska, G. (2013). *Monitoring the Deterioration of Stone at Mindener Museum'S Lapidarium*. Strasbourg: Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

### 2.3.1.8. Kscan3D

Kscan3D es un sistema que integra los sensores múltiples de Kinect. El modo de escaneo se puede usar en alineación manual y automática o en modo por lotes. Cada escaneo está disponible por separado. Después de alinear los escaneos individuales, los grupos se pueden combinar y finalizar haciendo configuraciones para rellenos de orificios, la densidad y la reducción del número de caras. El uso de un modo de lazo permite una edición cómoda de la nube de puntos. La Figura 2.41 es una captura de pantalla que muestra las exploraciones individuales y la vista 3D con las exploraciones individuales alineadas manualmente.

La malla todavía está en una especie de estado sin procesar marcado con colores falsos como de costumbre. A la izquierda está el panel de malla y escaneo. El ajuste del volumen de medición se realiza mediante controles deslizantes. Antes de la alineación, las áreas innecesarias son fáciles de seleccionar para su eliminación. (Pomaska, 2013, pág. 497).

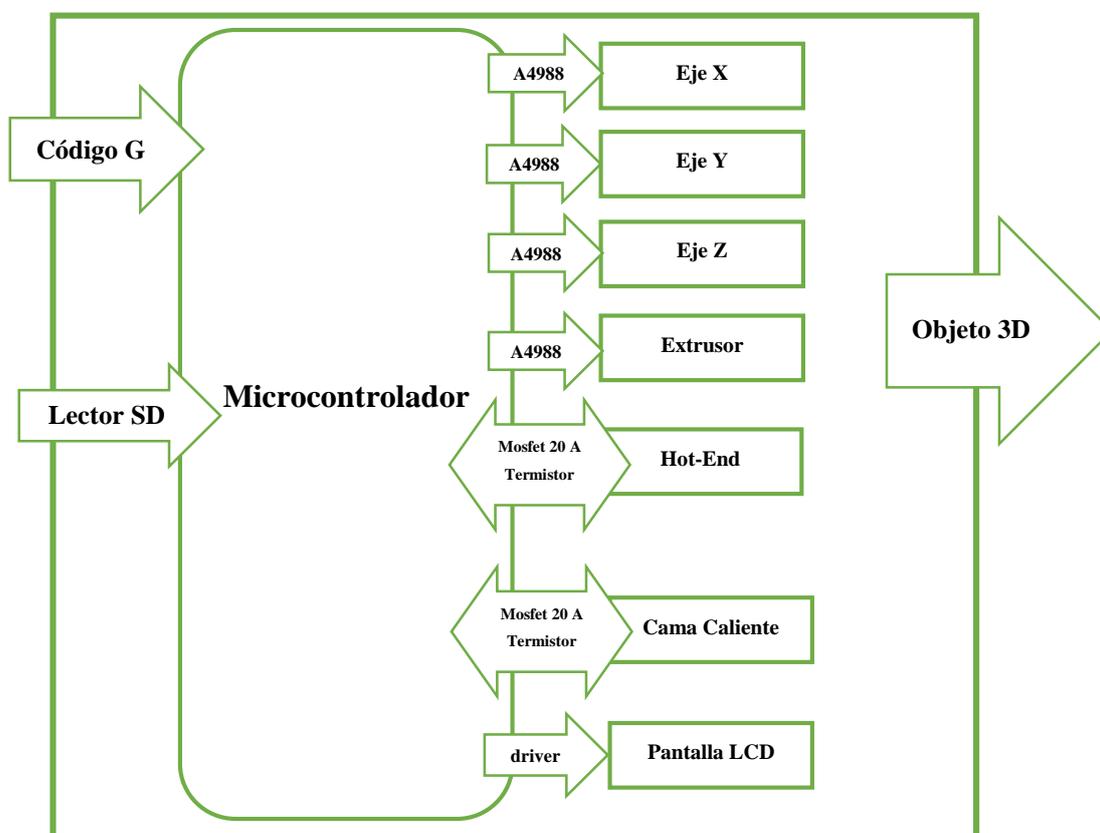
**Figura 2.41. Escaneo de Objetos Usando Ksacn3D**



Fuente: Pomaska, G. (2013). *Monitoring the Deterioration of Stone at Mindener Museum'S Lapidarium*. Strasbourg: Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

## 2.4. Diseño e Implementación de la Impresora 3D

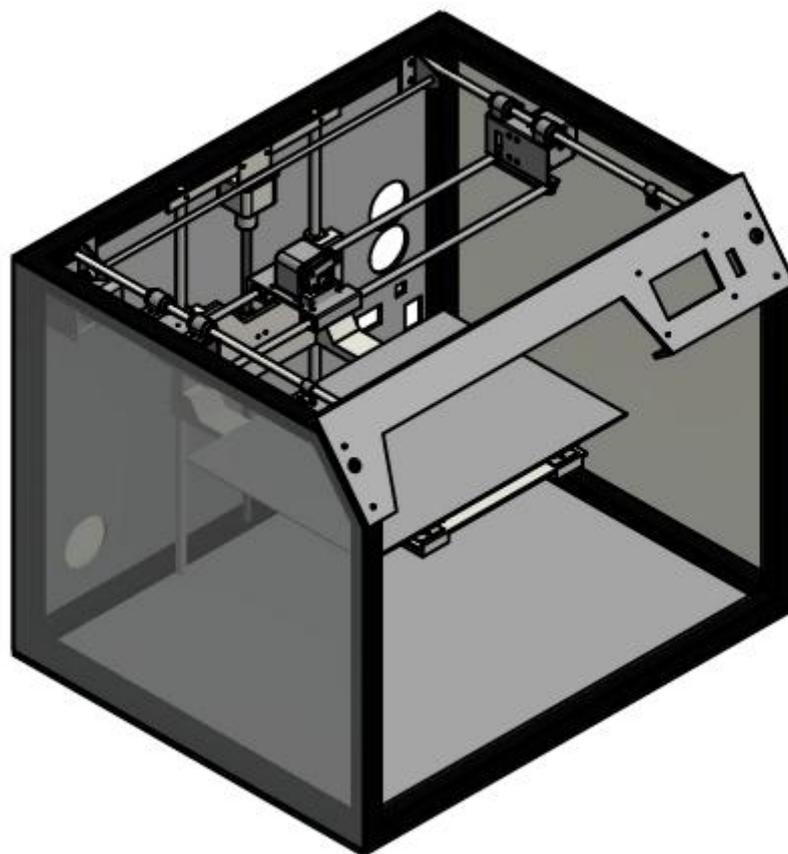
Figura 2.42. Principio de Impresión 3D



Elaborado por el equipo de trabajo

Para el propósito de esta investigación se diseñó una impresora 3D con la capacidad de imprimir objetos rígidos, ligeros y de material plástico que será orientado a la fabricación de piezas de prótesis para animal canino de tamaño pequeño, por consiguiente, se definió un área de impresión de 300mmx200mmx250mm de tal manera que las demás dimensiones de la impresora se rigen según estas condiciones, en la Figura 2.43 se muestra el diseño de la impresora 3D, los detalles de sus partes se muestran en el Anexo 1.1.

*Figura 2.43. Modelo Isométrico de la impresora 3D*



Elaborado por el equipo de trabajo

#### **2.4.1. Partes de la Estructura**

Para la implementación de la impresora se construyó una estructura metálica el cual soporta toda la parte electrónica y mecanismos de la impresora, esta estructura se cubrió con láminas de acrílico y de poli-cloruro de vinilo (PVC).

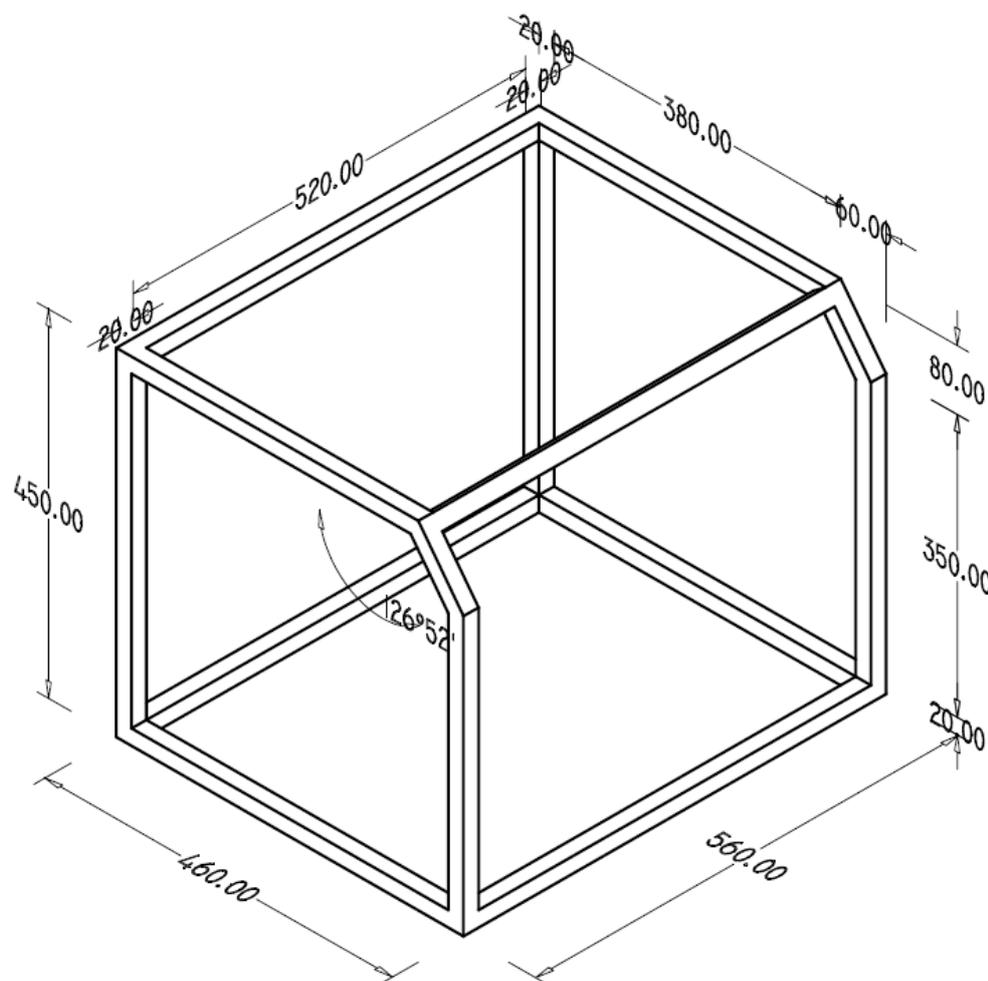
##### **2.4.1.1. Armazón metálico de la estructura**

Esta estructura está formada por un armazón metálico de tubo cuadrado de 20mm, con las dimensiones de 560mm lado frontal y posterior, con una profundidad de 460mm,

y una altura de 450mm. El plano de medidas y detalles se muestran en la sección de anexos (Anexo 1.2).

Dicha estructura soporta los mecanismos de los ejes X Y y Z de la impresora. En la Figura 2.44 muestra el diseño de la estructura en base al modelo Makerbot.

**Figura 2.44. Estructura metálica de la impresora**



Elaborado por el equipo de trabajo

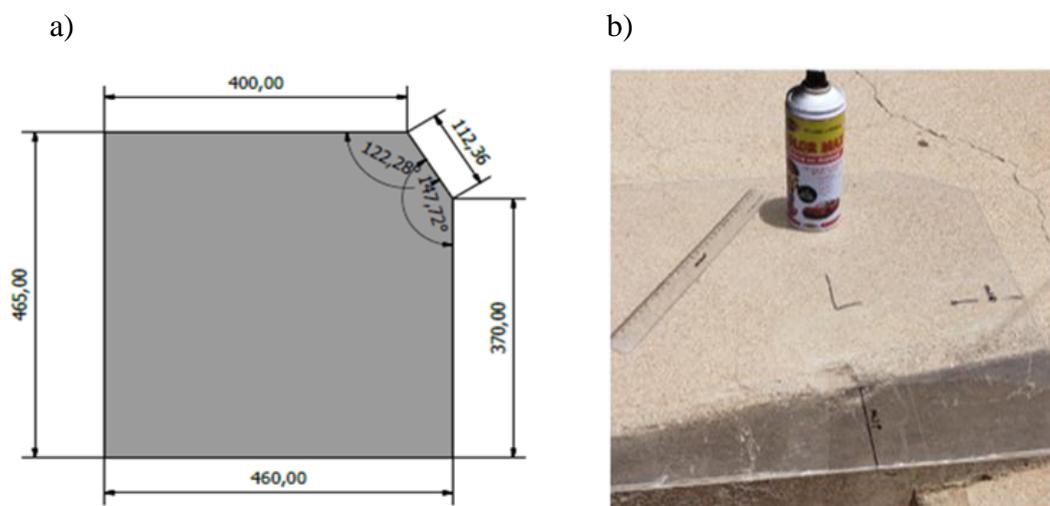
#### 2.4.1.2. Cobertura de la estructura

La estructura metálica mencionada anteriormente se cubrió con materiales como láminas de acrílico para los costados, placas de PVC para la parte inferior, posterior y la máscara de la impresora que también es de material plástico PVC.

#### 2.4.1.2.1. Láminas de Acrílico

Son materiales transparentes que se utilizaron para cubrir los costados de la impresora 3D. Se usó láminas de 460 x 465mm (ver Figura 2.45 (a y b)) su función fue evitar los flujos de aire que perturben el proceso de impresión. Los detalles se muestran en el Anexo 1.3.

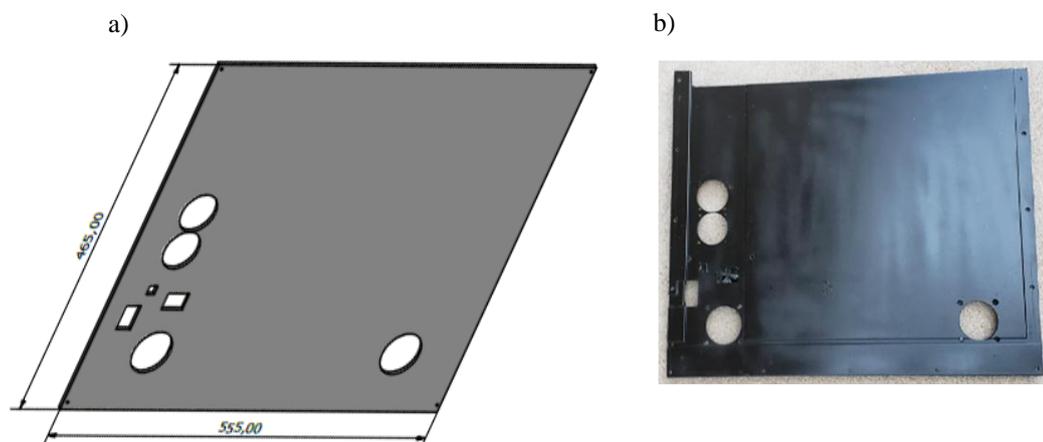
*Figura 2.45. Láminas de Acrílico*



Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.4.1.2.2. Tapa de PVC

En la Figura 2.46(a) se muestra el diseño de la tapa posterior de dimensiones de 555mm x 465mm con aperturas circulares de 50mm de diametro para la ventiladores del controlador y 55mm para los ventiladores de las fuentes de alimentacion los detalles y acotaciones se describen en el Anexo 1.4, en la Figura 2.46(b) se muestra la lamina de PVC que fue reciclada un equipo en desuso al cual se realizo los orificios que detalla la Figura 2.46(a).

**Figura 2.46. Diseño de tapa posterior de la impresora**

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.4.1.2.3. Mascara

La Figura 2.47 muestra el diseño de la máscara de la impresora con las dimensiones de 560 x 115mm, los detalles se encuentran en el Anexo 1.5, esta pieza está instalada en la parte frontal superior y aloja una pantalla LCD para visualizar el proceso de impresión y configuración de parámetros, la máscara tiene un corte en la parte inferior que permite visualizar el proceso de impresión, en la Figura 2.48 se aprecia la máscara de la impresora.

**Figura 2.47. Diseño de Mascara**

Elaborado por el equipo de trabajo

**Figura 2.48. Mascara de la Impresora**



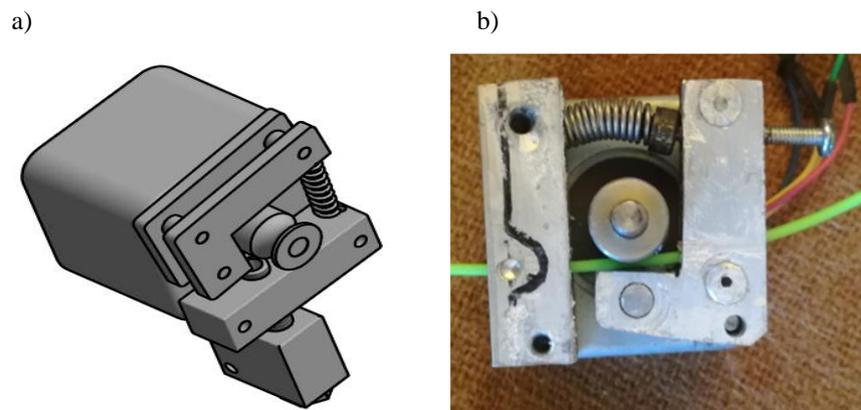
Elaborado por el equipo de trabajo

## 2.4.2. Partes del Sistema Mecánico

### 2.4.2.1. Extrusor

El extrusor es el mecanismo de arrastre de filamento, en la Figura 2.49(a) se muestra el diseño del extrusor, los detalles del diseño se encuentra en el anexo 3, este mecanismo hace el arrastre del filamento de PLA o ABS hacia su extremo caliente donde se derrite el filamento el cual es presionado hacia la boquilla siendo extruido a un diámetro de 0.4 que se deposita en la superficie del área de impresión, la Figura 2.49(b) muestra la foto del extrusor.

**Figura 2.49. Sistema de extrusión de Filamento**



Elaborado por el equipo de trabajo

### Partes del Extrusor

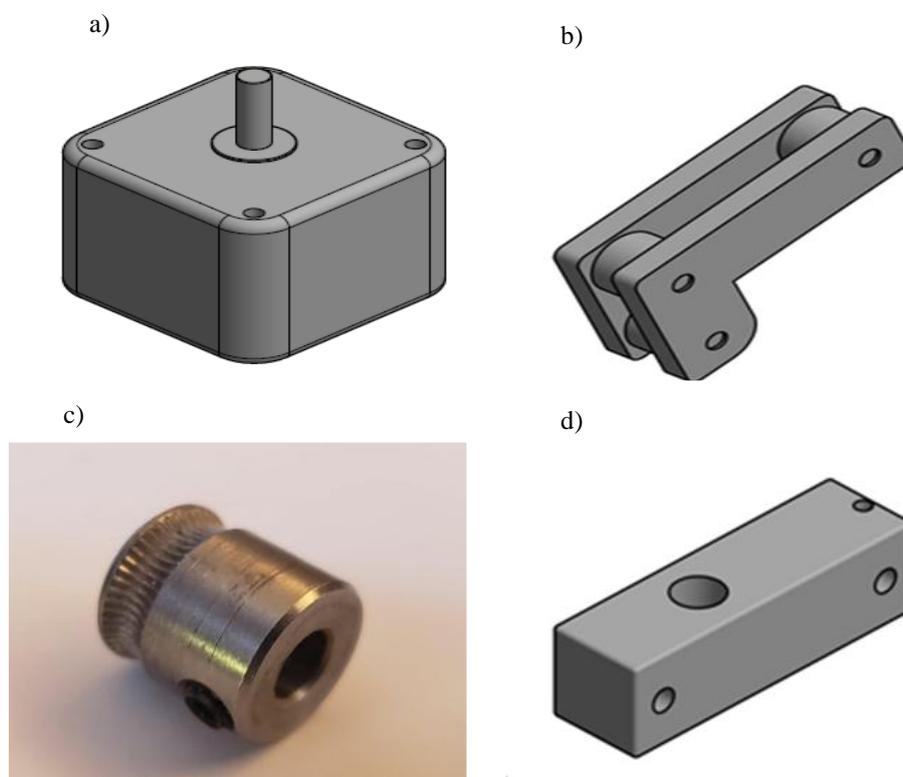
Motor de pasos (ver Figura 2.50(a)), es un motor bipolar de  $1.8^\circ$  de paso que permite el arrastre del filamento mediante la rueda dentada hacia el final de la boquilla caliente.

Palanca con resorte (ver Figura 2.50(b)), está construido en material de aluminio que permite presionar el filamento con el rodamiento axial el filamento a la rueda dentada.

Rueda dentada (ver Figura 2.50(c)), está instalada en el eje del motor de pasos y permite el arrastre del filamento.

Soporte de aluminio (ver Figura 2.50(d)), el motor se ajusta en esta, esto se monta sobre le soporte del extrusor. En el Anexo 3 están los detalles de del diseño del extrusor.

**Figura 2.50. Partes del Extrusor**

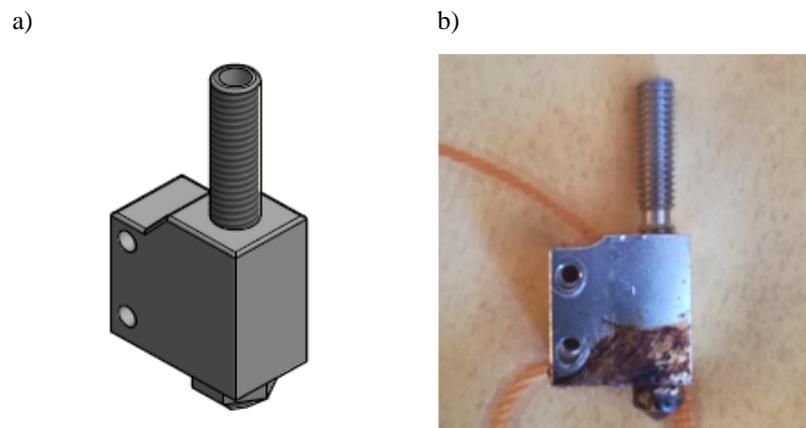


Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.4.2.1.1. Hot-End

Es la parte del extrusor que funde el filamento, está compuesto por una resistencia eléctrica de 40W, en la Figura (a) se muestra el diseño de este elemento, este dispositivo caliente hasta temperaturas de 300°, los detalles de diseño están en el Anexo 3.7, en la Figura (b) se aprecia el hot-end utilizado en la impresora 3D.

**Figura 2.51. Hot-End**



Elaborado por el equipo de trabajo

Para el arrastre de filamento, el diámetro de la rueda dentada es 10.3mm cual se multiplica por  $\pi$  para hallar el avance del filamento por 1 revolución, también se conoce que el motor de pasos es de 1.8° por cada paso y 200 pasos para 1 vuelta. Entonces su avance está dado por la ecuación (2.6).

$$Af = D * \pi \quad (2.6)$$

Donde:

$Af$ ; Avance de filamento [mm]

$D$ ; Diámetro de rueda [mm]

$\pi$ ; Constante [rad]

Entonces por cada revolución nuestro avance de filamento es:

$$Af = 10.3 * 3.1415$$

$$Af = 32.4\text{mm}$$

La revolución del motor es 3200 micro-pasos, por lo tanto, el número de pasos para el avance de filamento por cada milímetro es:

$$mp = \frac{3200}{32.4}$$

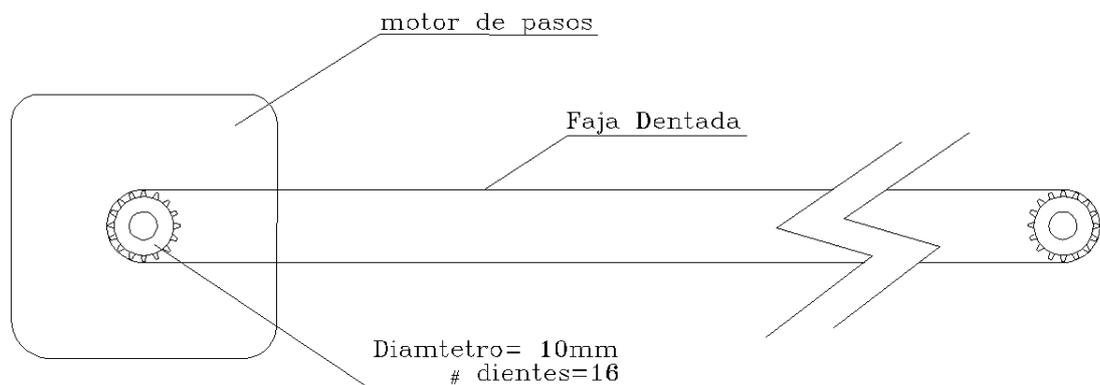
$$mp = 99$$

Por cada milímetro de filamento el número de pasos es 99 micro-pasos o pulsos.

### 2.4.3. Partes del Eje X

En la Figura 2.52 se muestra una descripción del sistema electromecánico conformado desde el motor, pasando por la faja dentada y así transmitiendo el movimiento al piñón final, en donde se verá reflejado en movimientos minúsculos y controlados en el eje X.

**Figura 2.52. Esquema de movimiento del eje X**



Elaborado por el equipo de trabajo

Para hallar el avance de la faja que mueve los ejes XY, se aplicó la ecuación (2.7).

$$A = \pi * de = p * z \quad (2.7)$$

Donde:

A; Avance por vuelta de piñón [mm]

p; Pasos de diente. [mm]

de; Diámetro exterior con faja [mm]

z; # de dientes de piñón [und]

Las características de los piñones de motores utilizado para el movimiento de los ejes XY se detalla en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 *Detalles de piñón de motor*

Parámetros	Medida	Unidad
Diámetro con faja	10.19	Mm
Pasos de diente	2	Mm
# de dientes	16	Mm

Elaborado por el equipo de trabajo

Entonces de la ecuación (2.7).

$$A = \pi * 10.19mm$$

$$A = 32.039mm$$

Para hallar el ángulo para un avance lineal de 1mm se aplicó la ecuación (2.8).

$$\alpha = \frac{360^\circ}{A} \quad (2.8)$$

Donde:

$\alpha$ ; Ángulo para avance para 1mm [grados sexagesimales]

$A$ ; Avance lineal

Por lo que el avance es 32.039 mm por cada vuelta de piñón de motor, para hallar el ángulo que avanza en 1mm será:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{32.039}$$

$$\alpha = 11.236^\circ$$

Entonces para hallar la cantidad de micro-pasos necesarios para el avance de 1 mm sabiendo que un micro-paso equivale a  $0.1125^\circ$ , se realizó la siguiente operación.

$$mp = \frac{11.236^\circ}{0.1125^\circ}$$

$$mp = 99.881$$

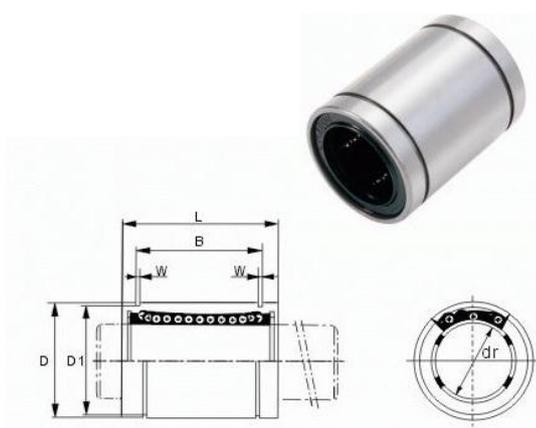
Donde:

$mp$ ; micro-pasos [pulsos]

Por consiguiente se obtiene el valor de  $mp = 99.881$  lo que significa que es la cantidad de micro-pasos requeridos para el avance de 1mm en los ejes X e Y.

#### 2.4.3.1. Rodamientos Lineales

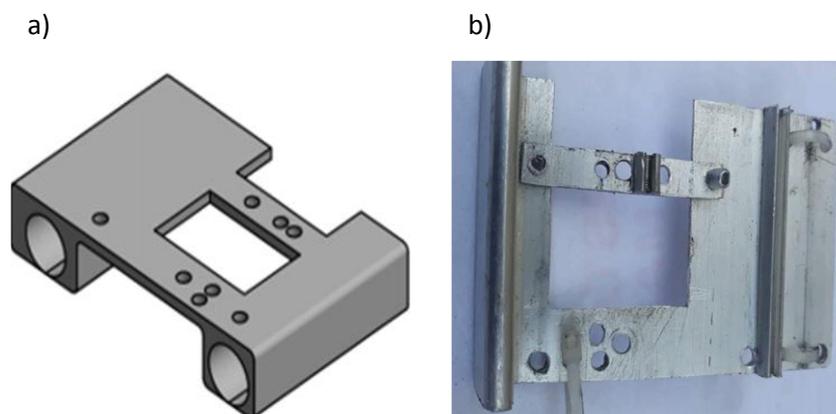
Son elementos de rodadura para movimientos de traslación, están hechas de acero inoxidable, para el eje X se usó rodamientos de diámetro interior de 8mm el cual embonan sobre varillas lisas del mismo diámetro como se aprecia en las Figura 2.53, estos permiten el desplazamiento del carro de extrusor en el eje X. los detalles técnicos se encuentran el Anexo 8.1.

**Figura 2.53. Rodamientos Lineales**

Fuente: [https://es.aliexpress.com/store/product/Env-o-gratuito-12-unids-lote-LM8UU-lineal-casquillo-8mm-CNC-lineal-rodamientos/1762258\\_32317950158.html?spm=a219c.search0204.3.6](https://es.aliexpress.com/store/product/Env-o-gratuito-12-unids-lote-LM8UU-lineal-casquillo-8mm-CNC-lineal-rodamientos/1762258_32317950158.html?spm=a219c.search0204.3.6).

### 2.4.3.2. Carro de extrusor

Es la base que soporta al extrusor está hecha de un recorte de perfil de aluminio con dimensiones 58 x 92 mm (ver Figura 2.54(a)), todo el conjunto se mueve sobre barrillas lisas con ayuda de rodamientos lineales en el eje X, en la Figura 2.54(b) se aprecia el carro en su forma física usado para la implementación, los detalles de diseño del carro se muestran en el Anexo 2.12.

**Figura 2.54. Carro de Extrusor**

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.4.3.3. Varillas lisas

En la Figura 2.55 muestra un par de varillas lisas de diámetro 8mm y 460mm de largo, estas soportan el carro del extrusor y sirviendo de carril de movimiento del eje X. Los cuales fueron instalados con perfiles de aluminio sobre las varillas del eje Y. Sus medidas se aprecian en el Anexo 2.11.

*Figura 2.55. Varilla lisa*

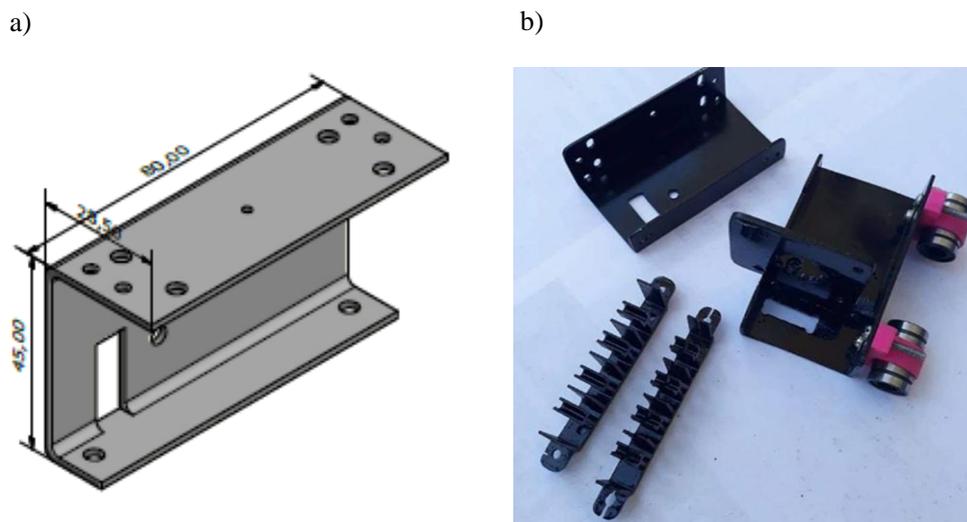


Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.4.3.4. Formas de Aluminio

En la Figura 2.56(a) se observa el diseño de las formas de aluminio que se fijaron sobre las varillas lisas del eje Y, esto nos permite unir el mecanismo del eje X en el eje Y, para esto se diseñó y se construyó usando formas de aluminio a los cuales se montaron sobre las varillas y estas mismas formas se instalaron en el eje Y con la ayuda de rodamientos lineales, en la Figura 2.56 se aprecia las formas que se utilizaron en la implementación de este eje X, los detalles están en el Anexo 2.9 y Anexo 2.10.

**Figura 2.56. Formas de aluminio**

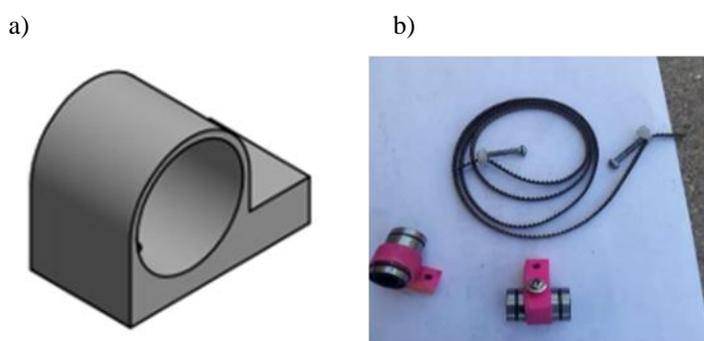


Elaborado por el equipo de trabajo

**2.4.3.5. Soportes de rodamientos lineales**

Para el soporte de rodamientos lineales se realizó el diseño que se aprecia en la Figura 2.57(a) que fue impreso en 3D, estos soportes permitieron unir los rodamiento con las formas de aluminio, uniendo a las varillas del eje X y al eje Y soportando todo el peso del mecanismo del eje X y el extrusor. Los detalles de diseño y dimensión se encuentran en el Anexo 2.8.

**Figura 2.57. Sujetadores de rodamientos lineales**

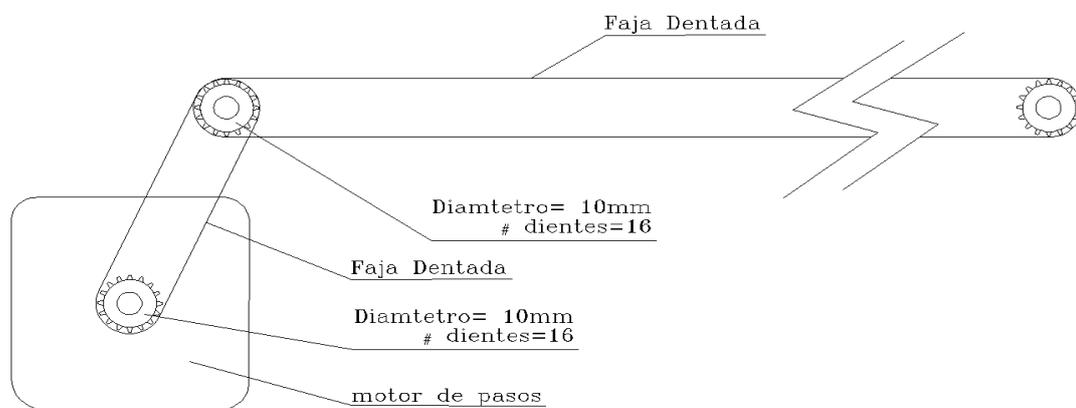


Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.4.4. Partes del Eje Y

Para el montaje el eje Y se tomó como referencia el diseño del eje X, en la Figura 2.58 se muestra un bosquejo de cómo está conformado el sistema de transmisión de del eje Y, en donde se muestra el motor a pasos que va conectado mediante una correa de 2 mm de paso (GT2) al eje de distribución de movimiento y está conectado mediante otra correa dentada con las mismas características (GT2) que arrastra todo el mecanismo del eje X sobre el eje Y.

**Figura 2.58. Descripción del eje Y**



Elaborado por el equipo de trabajo

El motor para el movimiento del eje Y tiene las mismas características que el motor del eje X. Para hallar el avance lineal de la faja que mueve el eje Y, se aplicó la ecuación (2.7) mencionado en la descripción del eje X, por lo que los cálculos para el movimiento son los mismos.

##### 2.4.4.1. Varillas lisas del eje Y

Estas varillas tienen un diámetro de 8mm y una longitud de 360mm, en la Figura 2.59(a) se observa el diseño de las varillas, sobre estas se desliza el eje X. Sobre las dos varillas se montó un rodamiento axial el cual nos permitió tensar la correa dentada que

transmite el movimiento mecánico desde el eje de transmisión y estas varillas se montaron en la estructura principal, los detalles se encuentran en el Anexo 2.5.

**Figura 2.59. Varillas de soporte del eje Y**



Elaborado por el equipo de trabajo

#### **2.4.4.2. Motor del eje Y**

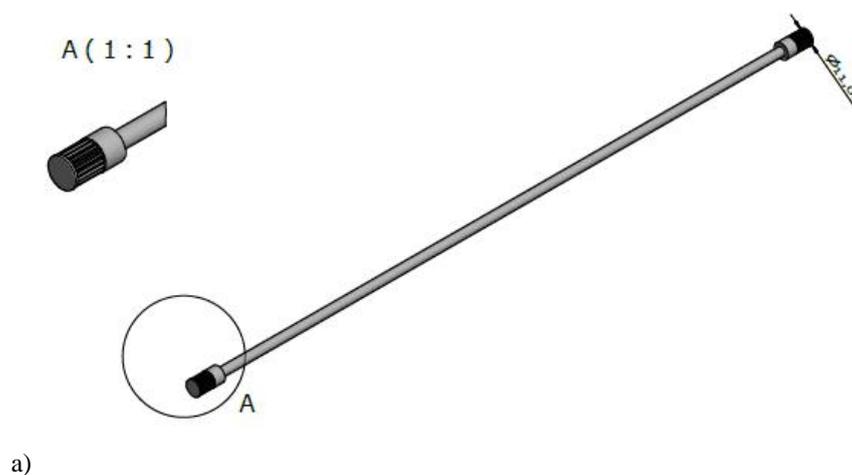
En la Figura 2.60 se muestra el motor de eje Y acompañado de sus componentes que servirán para el montaje correcto a la estructura principal y que se encarga de mover el eje Y mediante la transmisión mecánica que se hizo a través de una faja hasta el eje de distribución. De donde se hará la distribución de movimiento para ambos carriles (varillas) del eje Y logrando así el movimiento del carro de manera simétrica y controlada. Los detalles y medidas del motor se encuentran en el Anexo 2.14.

**Figura 2.60. Motor del eje Y**

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.4.4.3. Eje de transmisión

Es una varilla de metal de 6mm de diámetro con una longitud de 480mm (ver Figura 2.61(a)) con piñones de 18 dientes, este eje de permite transmitir el movimiento a los lados del eje Y a través de poleas dentada en ambos extremos, este sistema de transmisión se montó en la parte posterior de la impresora, en la Figura 2.61 (b) se aprecia la varilla de transmisión y los detalles se encuentran en el Anexo 2.17.

**Figura 2.61. Varilla de transmisión mecánica**

a)



Elaborado por el equipo de trabajo

La Figura 2.62 muestra el detalle que lleva el eje de transmisión antes mencionado y la forma en que se encuentra unida a unos acoples que servirán para la unir a la estructura principal.

**Figura 2.62. Polea de transferencia**



Elaborado por el equipo de trabajo

#### **2.4.4.4. Correa de transmisión**

Se usó correas dentadas de 2 mm de paso (GT2) está compuesto de elastómero reforzado que ofrece una gran rigidez y resistencia a la abrasión, esta correa fue usado para la transmisión de movimiento desde un piñón de arrastre accionado por un motor a pasos hacia el carro de los ejes XY, permitiendo su movimiento sobre las varillas lisas.

**Figura 2.63. Fajas para traslación de eje Y**

Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 2.5 Especificaciones de correa GT2

Ítem	Valores
Tipo	20 - 2 GT-6 BF
De paso	2 mm
Número de dientes	20 dientes
Material	Aleación de Hierro
Modo fijo	2 * M4
Calibre de Timing Polea	8 mm
Dientes Ancho	7 mm
Ajuste para ancho de correa de distribución	6 mm

Elaborado por el equipo de trabajo

## 2.4.5. Partes del Eje Z

### 2.4.5.1. Rodamientos lineales

Están hechas de acero inoxidable, para el eje Z se ha usado rodamientos de diámetro interior de 10mm el cual embonan sobre varillas lisas del mismo diámetro (10mm) permitiendo el desplazamiento vertical del soporte de la plataforma de impresión. Sus características técnicas se encuentran en el Anexo 8.1.

**Figura 2.64. Rodamientos Lineales para eje Z**



Elaborado por el equipo de trabajo

#### **2.4.5.2. Varillas lisa y roscada**

En la Figura 2.65 se muestra la varilla lisa y roscada del eje Z. La varilla lisa de este eje es de 10mm de diámetro con una longitud de 440mm, estas varillas soportan la plataforma de impresión y permiten su movimiento en el sentido del eje Z, la varilla roscada cumple la función de arrastrar la estructura de la plataforma de impresión sobre las varillas lisas permitiendo un movimiento vertical.

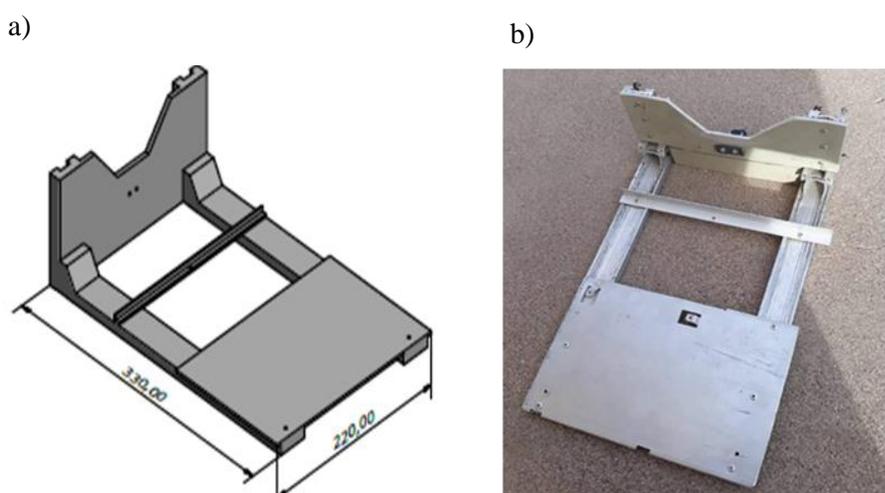
Los detalles y dimensión de la varilla roscada y lisa se encuentran en el Anexo 4.9 y 4.10 respectivamente.

**Figura 2.65. Varillas roscada y Varilla lisa**

Elaborado por el equipo de trabajo

**2.4.5.3. Soporte para plataforma de impresión**

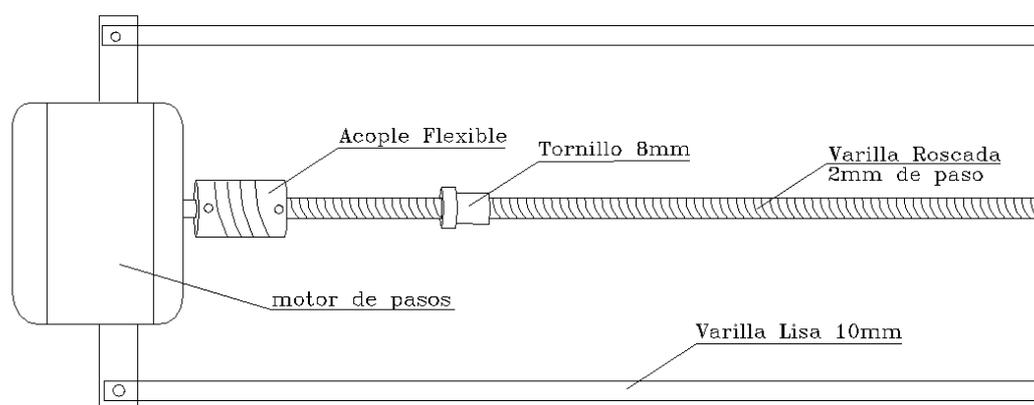
En la Figura 2.66(a) se puede apreciar el diseño del soporte para base de impresión y en la Figura 2.66(b) la foto del soporte que está construida de perfiles de aluminio y plástico con una dimensión de 220mm de ancho, 180mm de altura y 330mm de profundidad los detalles se pueden apreciar en el Anexo 4.4, y está montada en el eje Z, sobre esta se instalará la cama caliente y la base de impresión.

**Figura 2.66. Estructura para base de impresión**

Elaborado por el equipo de trabajo

A continuación en la Figura 2.67 se muestra un bosquejo para mecanismo móvil del eje Z, compuesto por el motor a pasos unido a un husillo mediante un acople flexible, todos ellos montados a una platina de sujeción, también se unen un par de varillas lisas en los extremos de la platina, que servirá de vía de movimiento de la base de impresión del eje Z.

**Figura 2.67. Descripción de partes del eje Z**



Elaborado por el equipo de trabajo

El husillo, al igual que cualquier otro tornillo sin fin, se caracteriza por el número de entradas de hilo  $e$ , y por el paso de la rosca  $p$ ; definido como longitud entre filamentos consecutivos de una misma hélice y para el cálculo del avance lineal  $A$ ; que es la distancia que avanza la tuerca al girar el husillo una vuelta completa, se dará por la ecuación (2.9).

$$A = p * e \quad (2.9)$$

Donde:

$A$ ; Avance lineal [mm]

$p$ ; Paso de la rosca [mm]

$e$ ; Número de entradas [und]

A partir de la ecuación (2.9) se puede definir la ecuación (2.10) para hallar la distancia desplazada  $D$ ; que es la longitud que se desplaza la tuerca cuando el tornillo sin fin (husillo) gira  $n$  vueltas completas.

$$D = A * n = p * e * n \quad (2.10)$$

Donde

$D$ ; Distancia desplazada [mm]

$n$ ; Numero de vueltas de husillo [und]

La varilla roscada (husillo) que se utilizó tiene las características que se detallan en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 *Datos de varilla roscada*

	<b>Medida</b>	<b>Und</b>
Diámetro	8	mm
Pasos de rosca	2	mm
# de entradas	4	Und

Elaborado por el equipo de trabajo

según la ecuación (2.9) el avance lineal por cada vuelta del eje del motor es:

$$A = 2mm * 4$$

$$A = 8mm$$

Por otro lado se conoce que el motor utilizado gira  $1.8^\circ$  por cada paso pero el driver se configuró en 1/16 de micro-pasos por lo que el nuevo ángulo por cada paso es 0.1125, entonces, el nuevo ángulo por milímetro es:

$$\beta = \frac{360^\circ}{8mm}$$

$$\beta = 45^\circ$$

Donde:

$\beta$ : ángulo para avance para 1mm [grados sexagesimales]

Por lo tanto, el # de micro-pasos necesarios para el avance lineal de 1mm es:

$$mp = \frac{45^\circ * 1}{0.1125^\circ}$$

$$mp = 400$$

Donde:

$mp$ ; micro-pasos [pulsos]

Por lo tanto, para 1mm de avance lineal se requiere 400 micro-pasos.

**Figura 2.68. Sistema de vía en eje Z**



Elaborado por el equipo de trabajo

Las varillas lisas y el motor a pasos se unieron a una platina tal como muestra la Figura 2.68, las dimensiones son de 240mm de largo y 12mm de ancho asimismo con un espesor de 3mm, con agujeros en lugares donde se harán la fijación de varillas y de motor. En la Figura 2.69 se muestra la platina pintada y lista para ser ensamblada. Los detalles y medidas se encuentran en el Anexo 4.6.

**Figura 2.69. Platina de Sujeción**



Elaborado por el equipo de trabajo

#### **2.4.5.4. Soportes de base de área de Impresión**

Los soportes mostrados en la Figura 2.70, permiten calibrar el nivel de área de impresión en el eje Z, tiene un extremo de formas de aluminio a donde se le fija la base de impresión y el otro extremo está rodeado por un resorte helicoidal en mismo que ayuda a que sea posible la regulación del tornillo que va dentro del resorte y así conseguir la altura correcta para poner en nivel la base de impresión ver Anexo 4.11.

**Figura 2.70. Soportes para área de impresión**



Elaborado por el equipo de trabajo

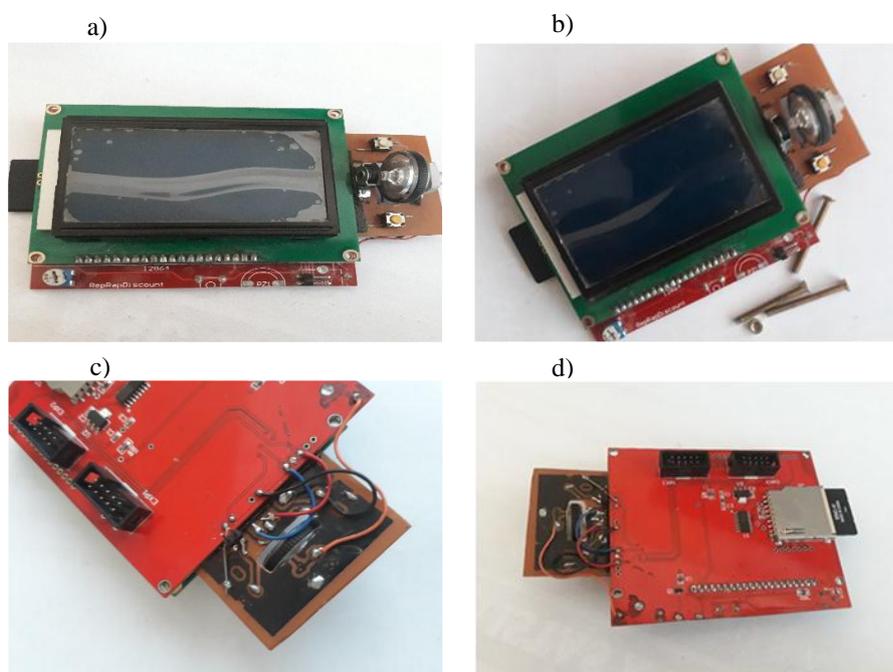
## 2.4.6. Partes de la electrónica

### 2.4.6.1. Pantalla LCD

Para interactuar con la impresora es necesario una pantalla que nos sirva de interfaz, asimismo poder introducir datos o visualizar la operación. Para este propósito se usó una pantalla matricial de 64x128 pixeles, con escudo electrónico y botones para la manipulación.

En la Figura 2.71(a y b) se muestra la vista frontal de la pantalla LCD y los botones de manipulación. En la Figura 2.71(c y d) se visualiza la parte posterior del módulo que aloja la pantalla LCD y el lector de memoria SD. La hoja técnica de la pantalla LCD se encuentra en el anexo 10.3.

**Figura 2.71. Montaje de la Pantalla**

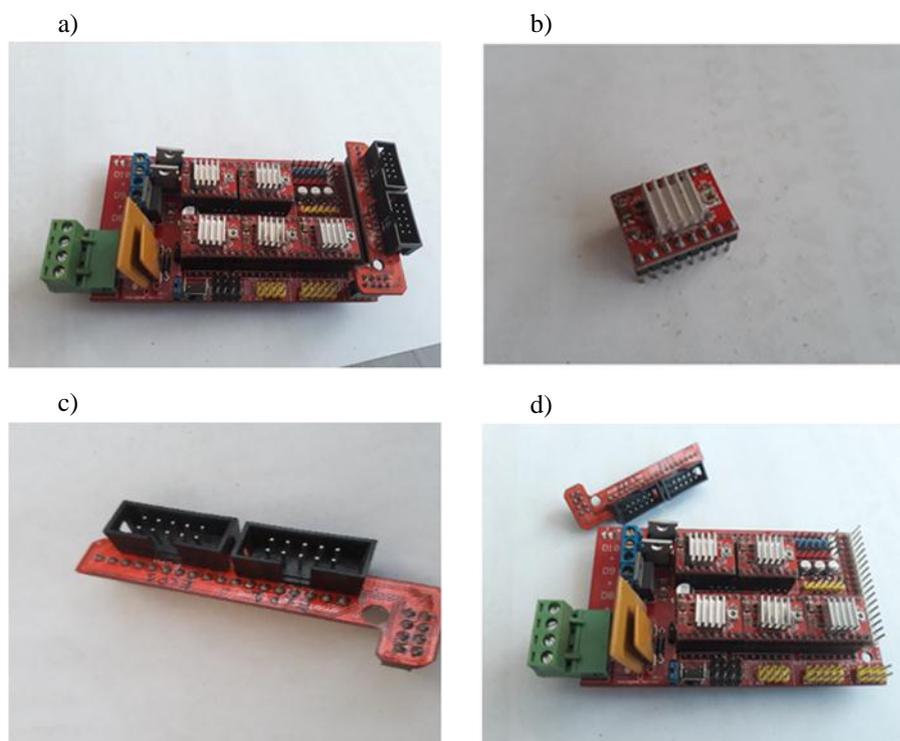


Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.4.6.2. RAMPs y Driver A4988

Para la conexión de los componentes electrónicos ocupamos un escudo electrónico conocido como RAMPs el cual se aprecia en la Figura 2.72(a), en este módulo se instala los 4 driver de los motores de paso a4988 mostrados en la Figura 2.72(b), también de esta placa se hace la conexión con la pantalla matricial mediante un conector que se aprecia en la Figura 2.72(c).

**Figura 2.72. Montaje de Ramps y A4988**



Elaborado por el equipo de trabajo

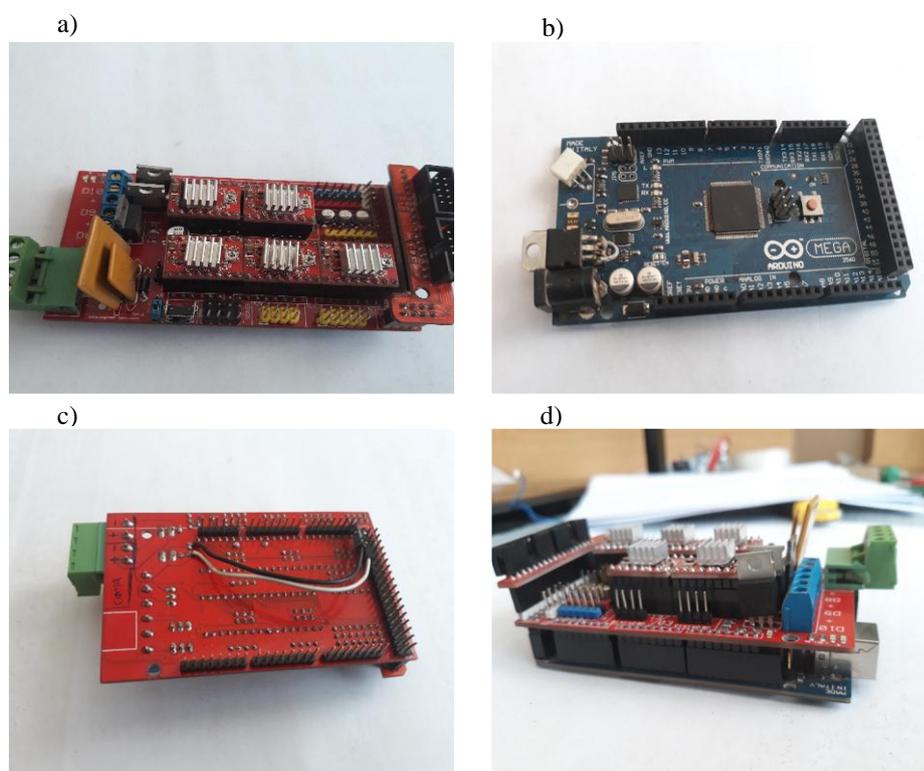
### 2.4.6.3. Arduino y RAMPs

Los controladores A4988 y el módulo de la pantalla fueron montados sobre el escudo electrónico Ramps, como se muestra en la Figura 2.73(a), Se usó como módulo de interconexión con la computadora y la impresora 3D una placa arduino mega que se

aprecia en la Figura 2.73(b), en esta placa también se aloja el código fuente de la impresora que se encuentra en el **Anexo 11.7**.

En la Figura 2.73(c) se puede visualizar la parte inferior de Ramps, pines de conexión, y también Arduino Mega, en la Figura 2.73(d) se tiene una visualización del montaje.

**Figura 2.73. Montaje de la Ramps y Arduino Mega**



Elaborado por el equipo de trabajo

#### **2.4.6.4. Ventilador para Ramps**

Los Drivers de los motores a pasos A4988 en impresiones prolongadas de tiempo llegan a temperaturas superiores a 30° a pesar de que los controladores llevan sus disipadores de calor este no es suficiente por eso es necesario usar ventiladores que ayuden a enfriar la temperatura de los controladores. En la Figura 2.74 se muestra un arreglo de

dos ventiladores pequeños de 5v, unidos los mismos que serán colocados en la parte superior del Ramps y ser sujetadas en la estructura.

**Figura 2.74. Ventiladores de Ramps**



Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.4.6.5. Cama caliente

La cama caliente es una resistencia eléctrica que fue instalada debajo del área de impresión que es una placa de aluminio de 3 mm de espesor, la función de la cama caliente es calentar hasta los 80 grados para evitar que la impresión se deforme por el enfriamiento inadecuado del material.

El consumo de la cama caliente está expresado según la ecuación (2.11), ya que la cama caliente tiene una resistencia de  $1.5\Omega$  y se alimenta con una fuente de 12 Vdc resultando un consumo de 8A según la ecuación (2.12), con el cual entrega una potencia de 96W.

$$i = \frac{12}{1.5} = 8A \quad (2.11)$$

$$P = V * I = 12 * 8 = 96w \quad (2.12)$$

**Figura 2.75. Resistencia de Cama caliente**



Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 2.7 Conexión de pins de cama caliente

Pin	12 V	24 V
1	+	
2	-	+
3	-	-

Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.4.7. Montaje de la Impresora 3D.

En la Figura 2.76 se observa la estructura de la impresora 3D como las cubiertas laterales (láminas de acrílico) ya pintado para darle un buen acabado y transparente.

**Figura 2.76. Estructura metálica y lamina de acrílico**



Elaborado por el equipo de trabajo

En la Figura 2.77 se muestra el montaje de carro de eje x, este soporte está montado el extrusor, este carro está hecha de un perfil de aluminio al cual se le instalo los rodamientos lineales como se muestra en la figura que permite el movimiento del carro sobre las barrilas lisas comprendidas para el eje X.

**Figura 2.77. Vista de carro de extrusor**



Elaborado por el equipo de trabajo

El carro del extrusor se montó sobre las varillas lisas del eje X, sobre este eje se ha conseguido un desplazamiento de 350mm como se aprecia en la Figura 2.78.

**Figura 2.78. Vista de carro montado en varillas lisas**

Elaborado por el equipo de trabajo

Para el movimiento del carro en el eje X se usó un motor a pasos montado en un soporte como se muestra en la Figura 2.79 para acoplarlo en la varilla del eje X.

**Figura 2.79. Montaje de motor en soporte**

Elaborado por el equipo de trabajo

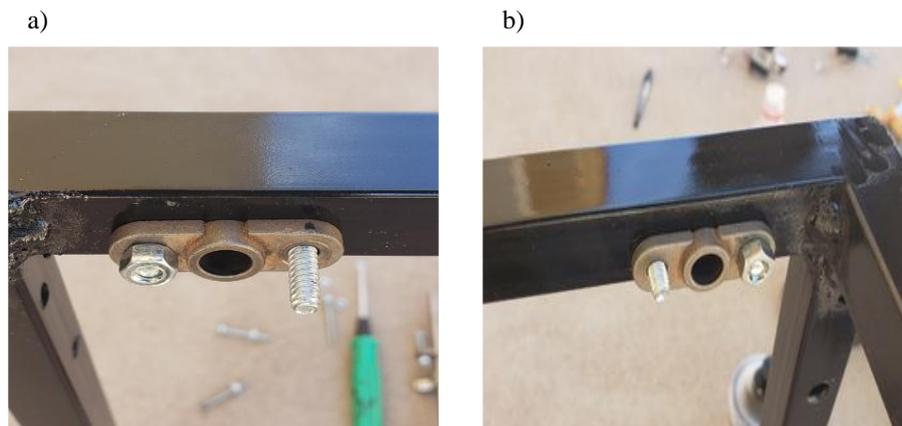
A continuación, en la Figura 2.80 se aprecia el montaje del eje X el cual consta un carro de extrusor que será movida por un motor a pasos mediante una correa dentada sobre las varillas del eje X donde se consiguió un desplazamiento de 380mm. La Figura 2.80 muestra el montaje de los rodamientos lineales con el cual se acopló en el eje Y.

**Figura 2.80. Vista de eje x montado con su correa**

Elaborado por el equipo de trabajo

Para el montaje del eje Y se instaló los accesorios de cobre con forma de mariposa tal como se aprecian en la Figura 2.81(a, b) a la estructura principal de la impresora, su función es soportar las varillas lisas del eje Y.

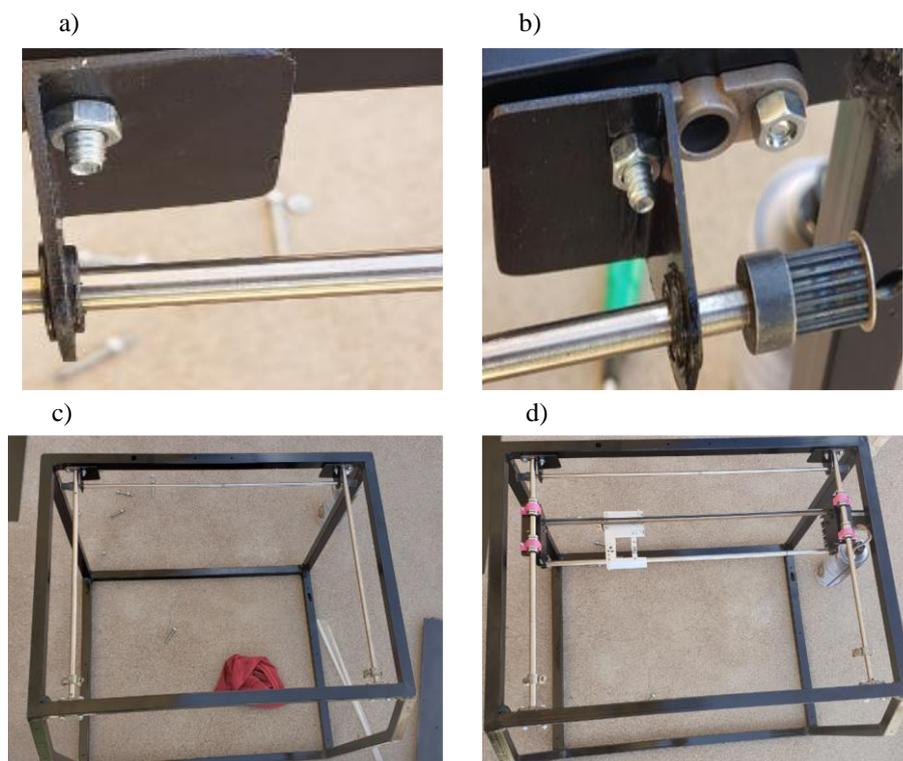
**Figura 2.81. Varillas del eje Y**



Elaborado por el equipo de trabajo

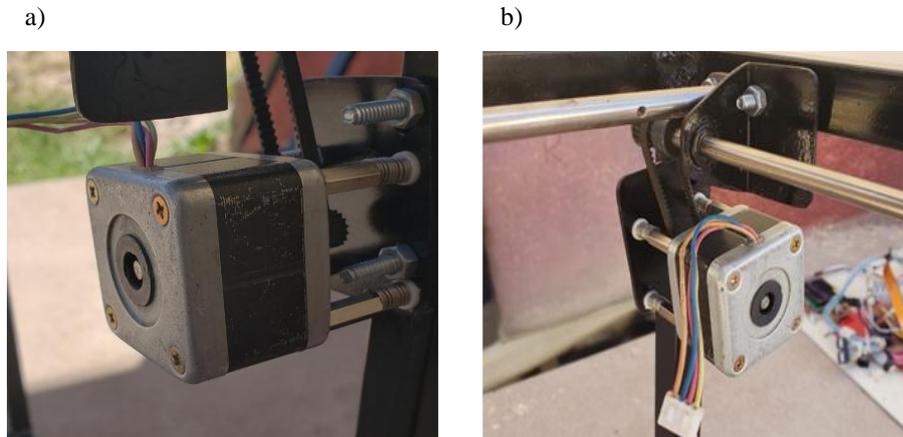
Para sincronizar los movimientos del eje Y a ambas vías (varillas lisas) se instaló un eje de transmisión, que consta de una varilla con piñones en ambos extremos los cuales se conectan con las correas dentadas de cada vía como se aprecia en la Figura 2.82(b) este eje lleva la transmisión mecánica del motor a pasos conectada mediante una correa pequeña, la función el este eje es sincronizar el movimiento de ambos extremos del carro del eje Y que están situadas en los lados de la impresora como se muestra en la Figura 2.82(c).

**Figura 2.82. Montaje del eje de transmisión y desplazamiento**



Elaborado por el equipo de trabajo

Una vez que se tuvo montado las varillas lisas del eje Y, se montó el eje X sobre esta como se aprecia en la Figura 2.82(d), y se montó el motor que genera el movimiento y lo transmite mediante la faja dentada como se muestra en la Figura 2.83, de lo cual se puede mencionar que la disposición de los ejes nos permite un movimiento cartesiano sobre la superficie de impresión que se instaló debajo de estos mecanismos.

**Figura 2.83. Montaje del motor del eje Y**

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.4.7.1. Armado del Eje Z

**Figura 2.84. Armado de varillas del eje Z**

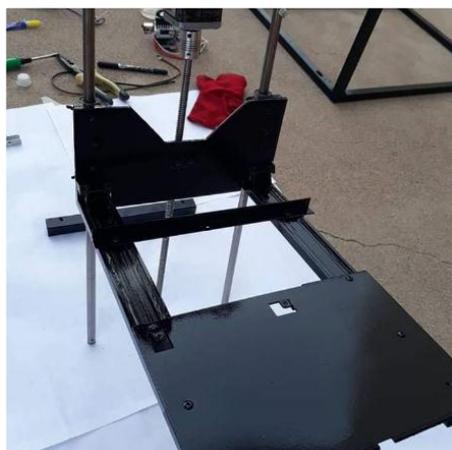
Elaborado por el equipo de trabajo

En la Figura 2.84 detalla el montaje de mecanismos del eje Z para lo cual se ha usado varillas lisas de 10mm que tienen una mejor rigidez para soportar el peso de la estructura de la superficie de impresión de 675 gramos, en medio de ambas varillas también se puede ver una varilla roscada conectada a un motor paso a paso mediante un conector flexible, que se desplaza verticalmente a lo largo de las varillas permitiéndonos

hacer impresiones de un máximo de 250mm de altura, en la Figura 2.85(a) se muestra la base de impresión, esta se montó de la siguiente manera como se aprecia en la figura , la estructura de la superficie impresión está construida en aluminio y perfiles de aluminio que nos ofrece un rigidez y un peso reducido como se muestra en la Figura 2.85(a) ya que esta es arrastrado mediante una varilla roscada por el motor de paso situado en la parte superior del mecanismo como se puede observar en la Figura 2.85(b). En medio de ambas varillas también se puede ver una varilla roscada conectada a un motor paso a paso mediante un conector flexible.

**Figura 2.85. Montaje del eje Z a la estructura Principal**

a)



b)



Elaborado por el equipo de trabajo

Seguidamente se muestra en la Figura 2.85(b) el montaje del mecanismo de eje Z en la estructura principal de la impresora, se verifico la perpendicularidad de eje Z con respecto a los mecanismos de los ejes X e Y, esta es importante para tener la simetría al momento de hacer una impresión. A continuación, tenemos la presentación de los ejes y motores montados en la estructura principal de la impresora como se aprecia en la Figura 2.86.

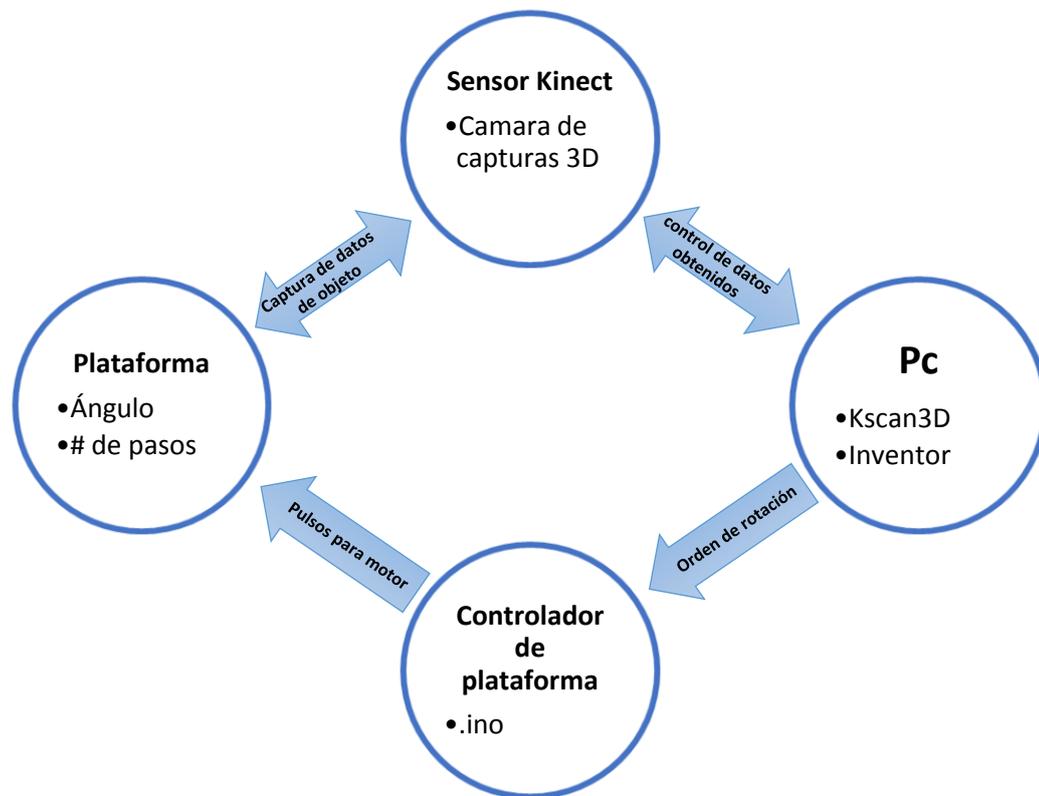
**Figura 2.86. Ejes XYZ en la Estructura**



Elaborado por el equipo de trabajo

### **2.5. Diseño e Implementación de escáner 3D**

El sistema de escaneo consiste en una cámara de captura de imágenes tridimensionales (Sensor Kinect) una laptop o PC con sistema operativo Windows 8.1 o 10 y el software Kcan3D instalado en la misma, donde se harán las configuraciones correspondientes a las capturas de imágenes en 3 dimensiones o nube de puntos. Para obtener la captura de imágenes de un objeto se necesita ser rotado de modo que el sensor obtenga la visión completa del objeto. Para ello se usa una plataforma rotatoria en donde se coloca el objeto encima para escanearla, la plataforma cuenta con un controlador con el cual se puede configurar para obtener el ángulo de giro según las divisiones que se establezca en el momento previo al escaneo en la Figura 2.87 se visualiza el proceso de escaneo.

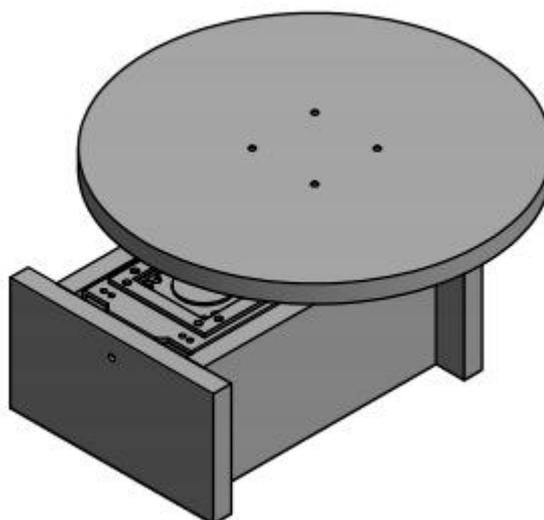
**Figura 2.87. Diagrama de proceso de escaneo**

Elaborado por el equipo de trabajo

## 2.6. Plataforma de Escaneo

La plataforma de escaneo es la pieza móvil que conforma un disco rotatorio, un motor a pasos, y es accionada por un controlador de plataforma quien será el responsable de ordenar los movimientos sincronizados para distintos tiempos y ángulos, en la Figura 2.88 se muestra un bosquejo de un diseño de plataforma que se diseñó y que se decidió implementar, esta plataforma cuenta con una base de escaneo circular de 280mm de diámetro el cual es suficiente para escanear objetos menores requeridos en la presente tesis, el movimiento mecánico lo realiza el motor a pasos mencionado anteriormente, que conectado mediante una correa o faja dentada hacia el engranaje de la plataforma logra el movimiento controlado; la etapa de control está a cargo de una placa electrónica diseñada a base del microcontrolador arduino.

**Figura 2.88. Diseño de Plataforma Rotatoria**



Elaborado por el equipo de trabajo

### **2.6.1. Descripción de Materiales de la Plataforma de Escaneo**

La plataforma de escaneo ocupó una cantidad de materiales para su implementación del escáner los cuales se mencionan a continuación.

- Piezas de Melanina
- Estructura general de Plataforma
- Arandela rectangular
- Sujetador de motor
- Polea dentada de plataforma
- Acople de base y rodamiento
- Disco de acople
- Polea dentada para motor
- Correa dentada
- Motor a pasos
- Tornillos, Cables y otros.

### 2.6.1.1. Piezas de melamina

Para la estructura se usó piezas de melamina Figura 2.89(a), dos unidades de 17cm x 9.5cm y dos de 19.5 cm x 9.5cm los mismos con 1.6cm de espesor (Anexo 5.2).

### 2.6.1.2. Estructura general de la plataforma

De material de aluminio y sirve de chasis general de la plataforma ya que será ahí donde se tendrán que unir todas las piezas y componentes ver Figura 2.89(b) (Anexo 5.3).

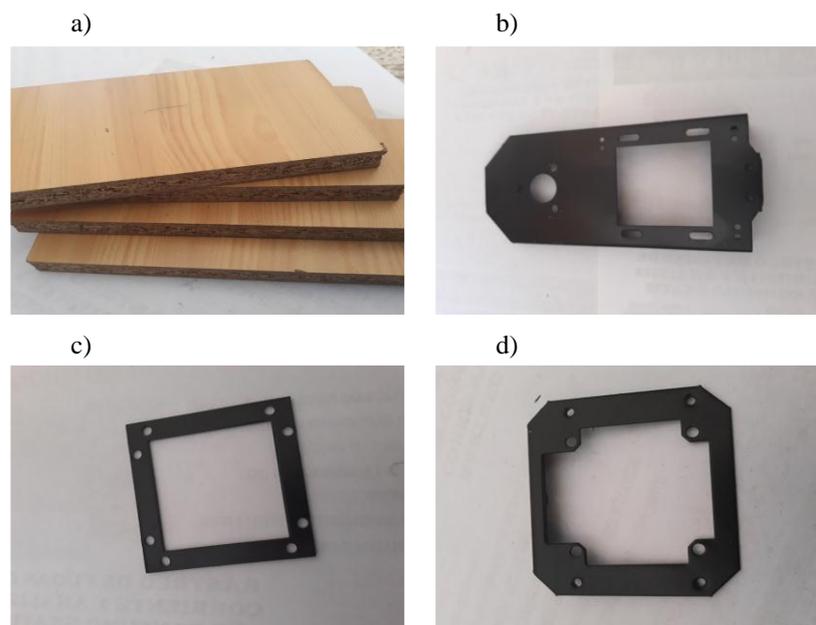
### 2.6.1.3. Arandela rectangular

Es la pieza de aluminio que cuenta con 8 agujeros a medida del tornillo Figura 2.89(c), que se usará para colocar los mismos sin que se muevan unos de los otros y así unir el motor al chasis principal. Detalles y medidas en el Anexo 5.4.

### 2.6.1.4. Sujetador de motor

En la Figura 2.89(d) se muestra una pieza con forma octagonal y con orejas internas que sirve para sujetar el motor a pasos (Anexo 5.5).

**Figura 2.89. Piezas que conforman la Plataforma**



Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.6.1.5. Rodamiento circular

En este caso el rodamiento esta compuesto por una pieza que lo abraza, dicha pieza cuenta con agujeros que posteriormente se usaran para sujetar por la parte inferior al engranaje y al disco de acople por la parte superior (ver Figura 2.90(a)) (Anexo 5.6).

#### 2.6.1.6. Acople de rodamiento-base

La Figura 2.90(b) es la pieza que se uso como base para sujetar por la parte interior al chasis y por la parte superior descansa el rodamiento (Anexo 5.7).

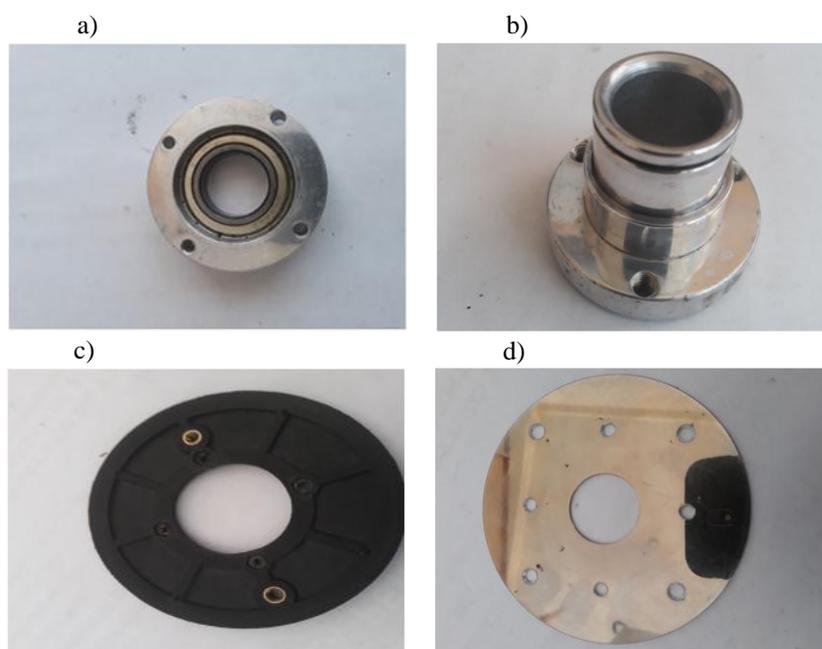
#### 2.6.1.7. Polea dentada de plataforma

Para el caso de la plataforma se usó una polea de 120 dientes que serviran para mover la plataforma (verFigura 2.90(c)) (Anexo 5.8).

#### 2.6.1.8. Disco de acople

se usó un disco de 90mm de diametro que cuenta con 8 agujeros para las respectivas sujeciones a las demas piezas (verFigura 2.90(d)) (anexo 5.8).

**Figura 2.90. Piezas de parte Móvil**



Elaborado por el equipo de trabajo

#### **2.6.1.9. Polea dentada para motor**

Es pieza que se usa para colocar al rotor del motor y así por medio de la polea hace que se mueva la plataforma (Figura 2.91(a)). Se usó una polea de 18 dientes para la transmisión de movimiento de la plataforma de escaneo unido mediante una correa GT3 y esta unido a la polea de 120 dientes de la plataforma de escaneo, se optó por esta polea GT3 por que su diametro nos permitió reducir la revolución que favorece a suavizar el movimiento rotatorio. Los detalles y medidas del diseño se encuentran en el Anexo 5.10.

#### **2.6.1.10. Correa dentada**

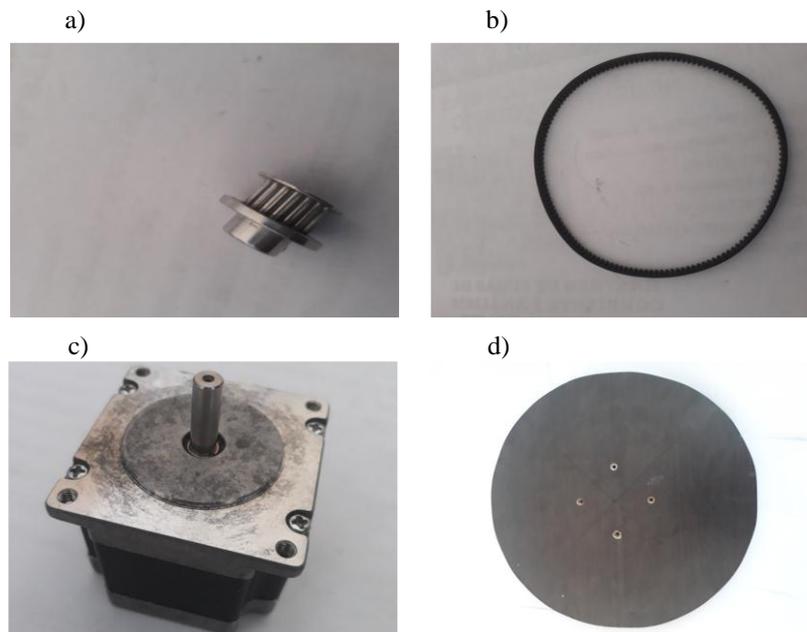
Es la pieza de transmisión de movimiento entre la polea de la plataforma y la del motor. En este caso se usó una correa dentada GT3 con 8mm de ancho con una cantidad de 150 dientes para su transmisión (Figura 2.91(b)) (Anexo 5.11).

#### **2.6.1.11. Motor a pasos**

La Figura 2.91(c) muestra el dispositivo electromecánico que acciona movimiento circular a la plataforma de escaneo. El motor que se usó fue el NEMA 23, detalles en el Anexo 5.12.

#### **2.6.1.12. Base de escaneo**

La Figura 2.91(d) muestra la base de escaneo, se usó un disco de melamina de 28cm de diametro y 1.5cm de espesor, cuenta con agujeros en ambos lados para sujeción. Las dimensiones de la base de escaneo y sus detalles se muestran en el Anexo 5.13.

**Figura 2.91. Etapa del montaje del motor**

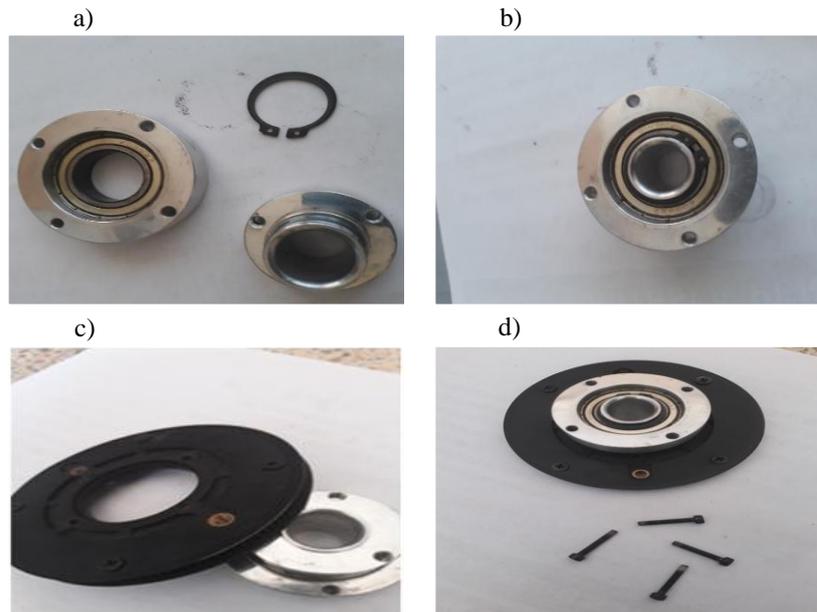
Elaborado por el equipo de trabajo

## 2.6.2. Montaje

Tomando los materiales anteriormente descritos el siguiente proceso es el montaje de piezas en base a los planos de diseño que encuentran en la sección de anexos, a continuación, se describe los procedimientos.

### 2.6.2.1. Parte móvil

Se unió la base de rodamiento con el acople (ver Figura 2.92(a)), esto se consiguió introduciendo el extremo delgado del acople al rodamiento circular y fue asegurado con el anillo de bloqueo (circlip), se muestra en la Figura 2.92(b). Seguido a ello se introdujo el lado mas pequeño del objeto ensamblado anteriormente, en el agujero de la polea dentada de mayor diametro que se muestra en la Figura 2.92(c), y se aseguró a la polea de la plataforma y el rodamiento (Figura 2.92(d)).

**Figura 2.92. Piezas de parte móvil**

Elaborado por el equipo de trabajo

En la Figura 2.93 se muestra el objeto ensamblado, esta debe girar libremente.

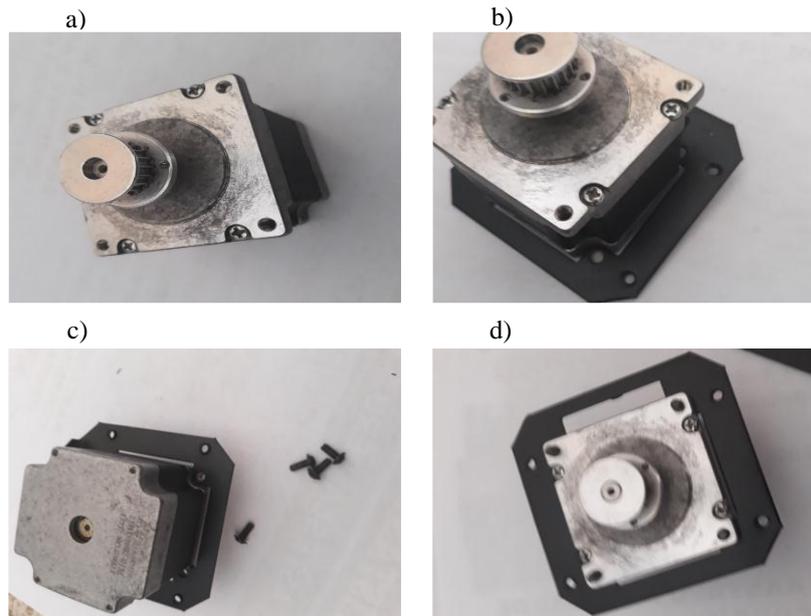
**Figura 2.93. Estructura rotatoria**

Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.6.2.2. Montaje de motor

Se instaló y fijó la polea dentada al motor, se aseguró al sujetador de motor (Figura 2.94(a, b, c, d)).

*Figura 2.94. Proceso de Montaje*

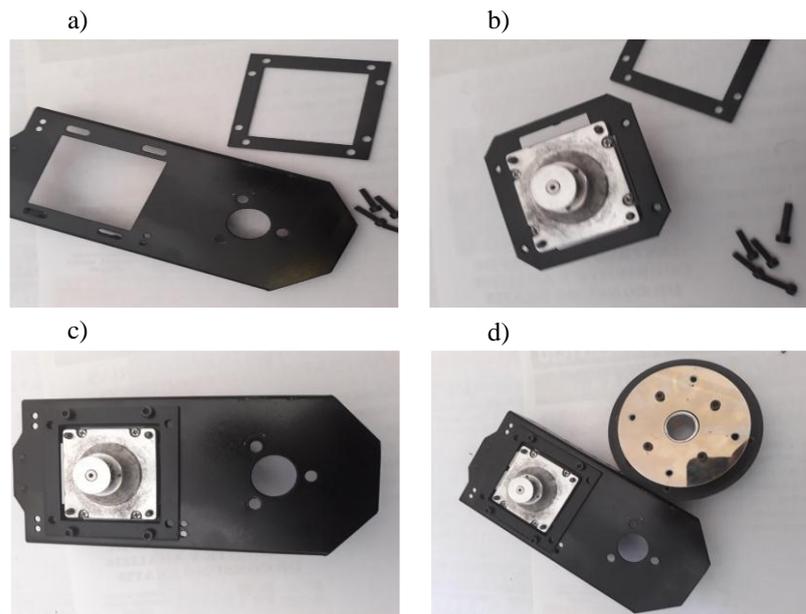


Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.6.2.3. Montado de partes a chasis

En este apartado se ensambló las partes del motor con la parte de base de plataforma y el chasis general para esto lo primero que se hizo fue ubicar la arandela rectangular sobre los cuatro agujeros alargados de la chasis y por debajo del mismo se ubicó el motor (ver Figura 2.95(a y b)). Posteriormente sobre el agujero circular se colocó la base de la Plataforma y de la misma forma se fijó(Figura 2.95(c)).

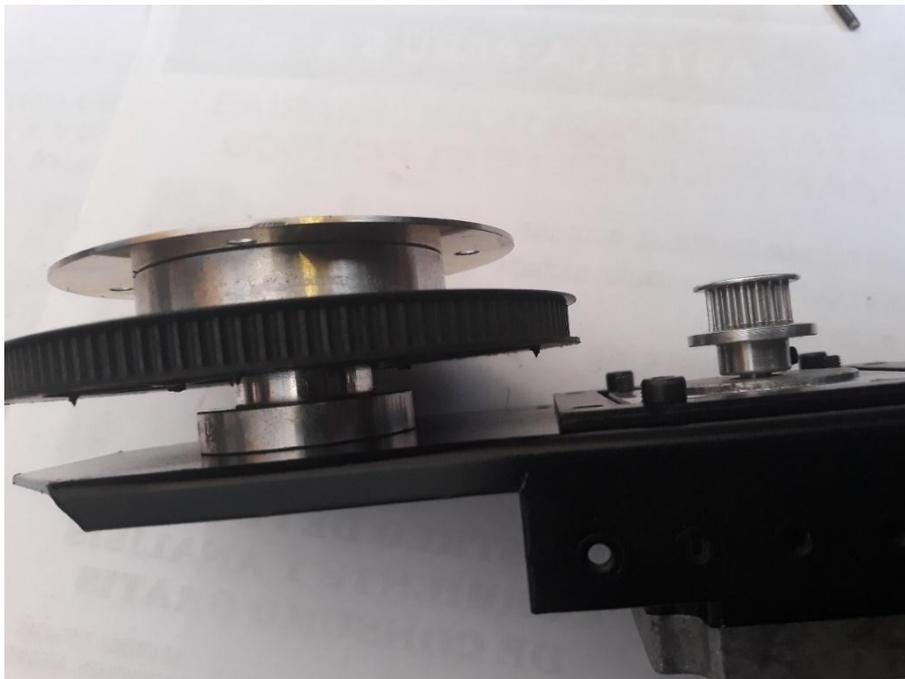
*Figura 2.95. Proceso de Montaje a Chasis*



Elaborado por el equipo de trabajo

Se dejaron los tornillos del sujetador de motor con el chasis aflojado tal como se muestra en la Figura 2.95(d), para poder ajustar juntamente con la faja ya tensionada.

**Figura 2.96. Montaje de partes a Chasis**

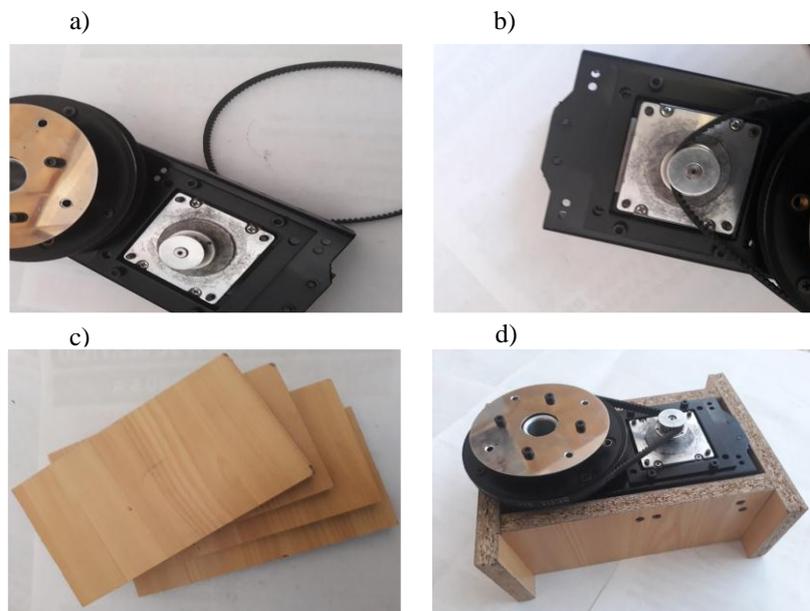


Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.6.2.4. Resultado Final

Una vez ya concluido etapa de unión de partes al Chasis esto quedó como muestra en la Figura 2.97(a), se unió el piñón de la plataforma rotatoria y el piñón del motor a pasos con (ver Figura 2.97(b)), se ubicó la máscara o base armado de melamina y la Base de escaneo Figura 2.97(c y d).

**Figura 2.97. Proceso de acabado de Plataforma**



Elaborado por el equipo de trabajo

Finalmente se coloca la base para el área de escaneo en donde irán los objetos que se desee escanear tal y como se muestra en la Figura 2.98, así se concluyó con la etapa de implementación de la plataforma de escaneo.

**Figura 2.98. Plataforma rotatoria final**

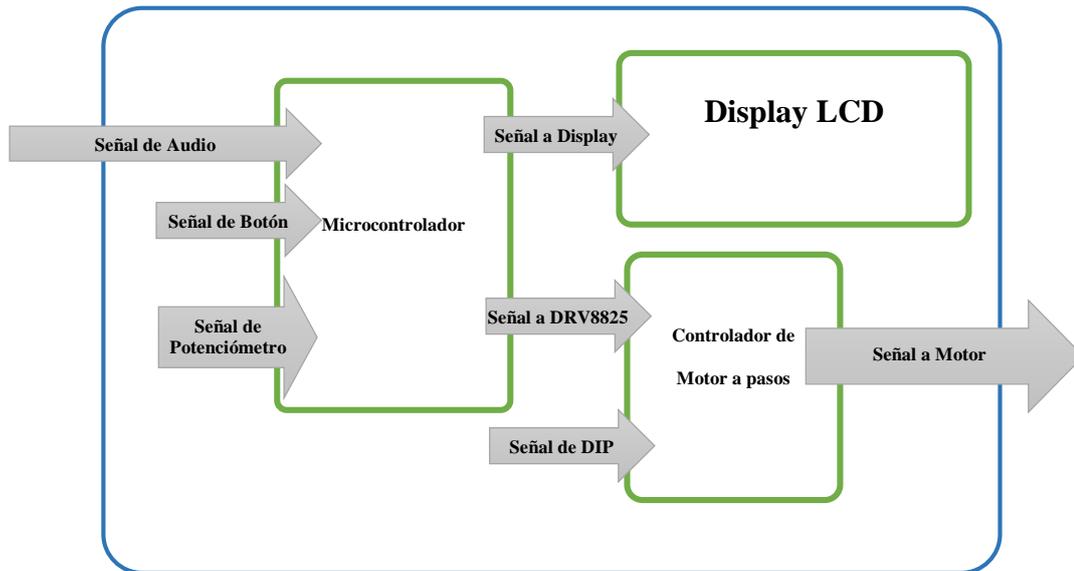


Elaborado por el equipo de trabajo

#### **2.6.2.5. Controlador de plataforma**

El controlador de plataforma está conformado por un microcontrolador arduino un controlador de motor a pasos DRV8825 una pantalla lcd de 20x4. La plataforma de escaneo necesita ser rotado en algún sentido, dado que se usa un escáner estático, para tal efecto necesita que el motor accione el giro. Dado que usaremos un motor a pasos, se debe usar un driver controlador de motor a pasos DRV 8825 y un microcontrolador que le envíe señales según sea necesario para cada acontecimiento usaremos el microcontrolador arduino nano porque es suficiente la cantidad de entradas y salidas para el propósito requerido.

Otra característica con la que cuenta el controlador de plataforma es que puede ser accionado por una señal de audio enviado desde el software Kscan3D, esto desde el Pc y para lo cual se debe conectar con un plug de audio del Pc al controlador; el software hace que se emita un sonido cada vez que se tome una captura, lo cual será aprovechado para accionar los pasos en la plataforma rotatoria.

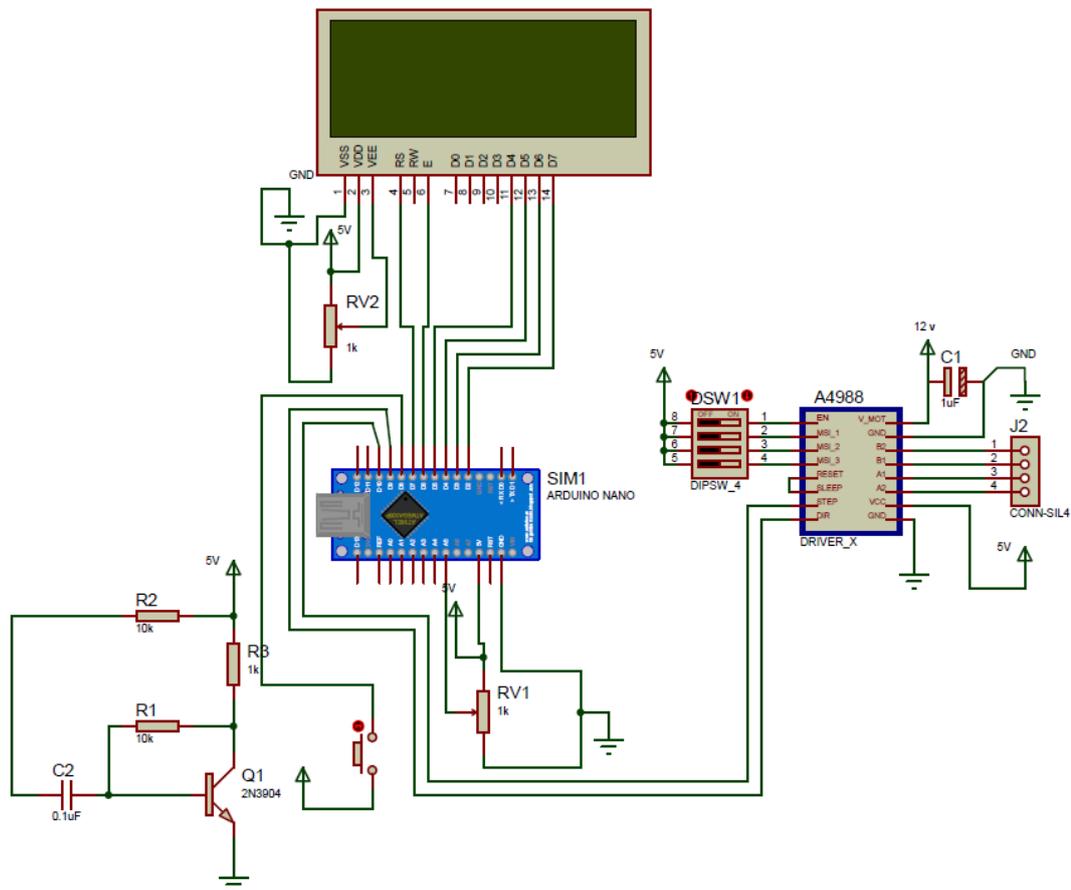
**Figura 2.99. Diagrama de bloques de controlador de plataforma**

Elaborado por el equipo de trabajo

**2.6.2.6. Diagrama de circuito**

El diagrama controlador de la plataforma de giro se basa en el microcontrolador Arduino Nano Atmega328P, que recibe orden de giro mediante el accionamiento de un pulsador inicia el giro en función de los ángulos asignados el valor del ángulo se define según las capturas a realizarse. El sistema usa un potenciómetro como regulador de ángulo y proporcionalmente cantidad de capturas a realizarse en concordancia con el software Ksacan3D y el orden de rotación a la plataforma. El controlador del motor a A4988 está configurado en pasos completos, la entrada de señal de STEP y DIR provienen del Arduino por los puertos de salida D9 y D10 respectivamente (ver Figura 2.100).

**Figura 2.100. Diagrama de circuito controlador de plataforma**



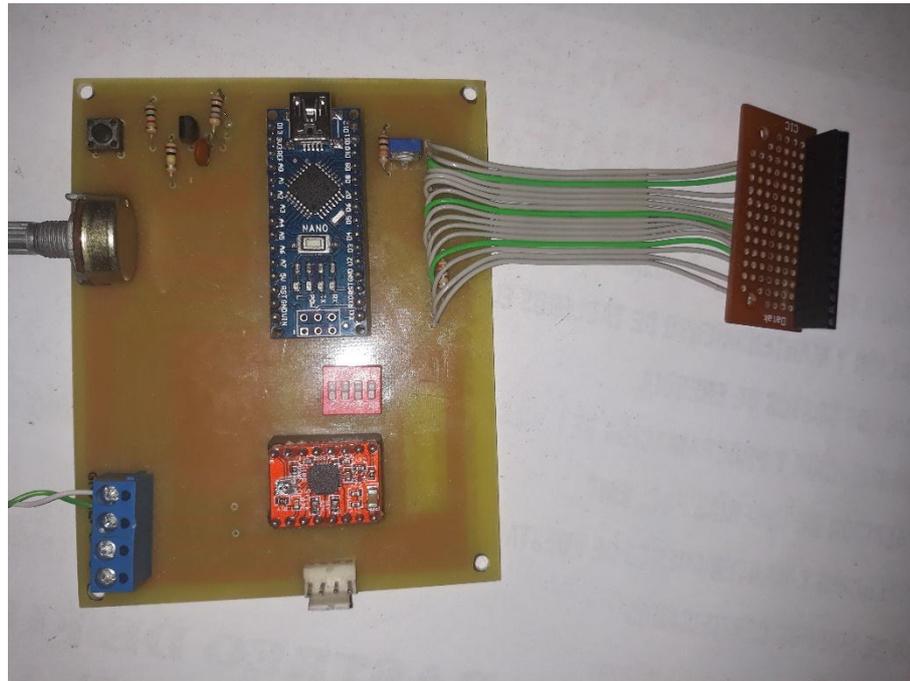
Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.6.3. Diseño de PCB

El diseño del PCB se hizo en función a la dimensión de los componentes como potenciómetro, driver controlador de motor, placa arduino nano, pantalla LCD, conectores, interruptores DIP switches y además tomando en cuenta criterio como ubicación de componentes, reubicación de vías, grosor de pistas de diseño del PCB.

#### 2.6.3.1. Ensamblaje

Teniendo la placa PCB diseñado y fabricado se procedió a la instalación del controlador de la plataforma rotatoria para escaneo y componentes que se aprecian en el diagrama de la Figura 2.100, el resultado del ensamblaje se aprecia en la Figura 2.101 con todos los componentes ya instalados.

**Figura 2.101. Controlador de Plataforma**

Elaborado por el equipo de trabajo

**2.6.4. Fórmulas necesarias**

Para poner en funcionamiento la plataforma de escaneo es necesario de un código desarrollado en java, para ello se planteó fórmulas que hicieron que los movimientos como las divisiones de arco y los ángulos sean los requeridos.

**2.6.4.1. Para las divisiones de escaneo**

Se tiene los datos como numero de pines de la polea del motor y de la polea de la plataforma que son de 18 y 120 respectivamente. También se conoce que para dar una vuelta completa nuestro motor necesitará de 200 pasos entonces se puede decir que la ecuación (2.13) es para un ángulo en función de los pasos definidos, la ecuación (2.14) se usa para obtener la cantidad de divisiones que se darán según el ángulo definido.

$$\alpha = \frac{360 \times \text{Pasos}}{200} \quad (2.13)$$

$$div = \frac{360}{\alpha} \quad (2.14)$$

Donde

$\alpha$ ; Ángulo de rotación [° Sexagesimales]

*Pasos*; Pasos para conseguir dicho ángulo [und]

*div*; Cantidad de divisiones para el ángulo [und]

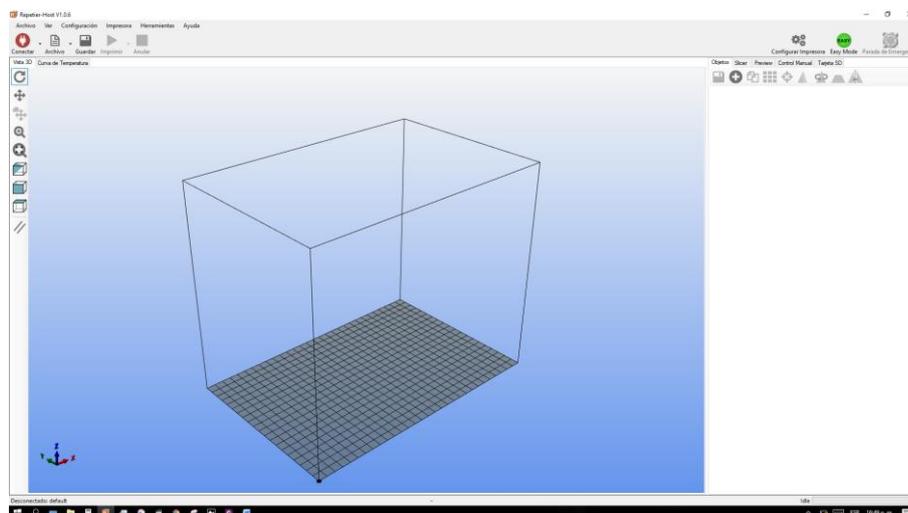
### 2.6.5. Configuración de Software de impresión 3D

El software Repetier Host permite generar el código G en función de las características de la impresora 3D y finalmente su impresión. A continuación, se detalla la configuración del software y sus herramientas.

#### 2.6.5.1. Repetier Host

En la Figura 2.102 se aprecia el entorno del software el cual permite la visualización del objeto 3D a imprimirse.

**Figura 2.102. Entorno de inicio de software Repetier Host**

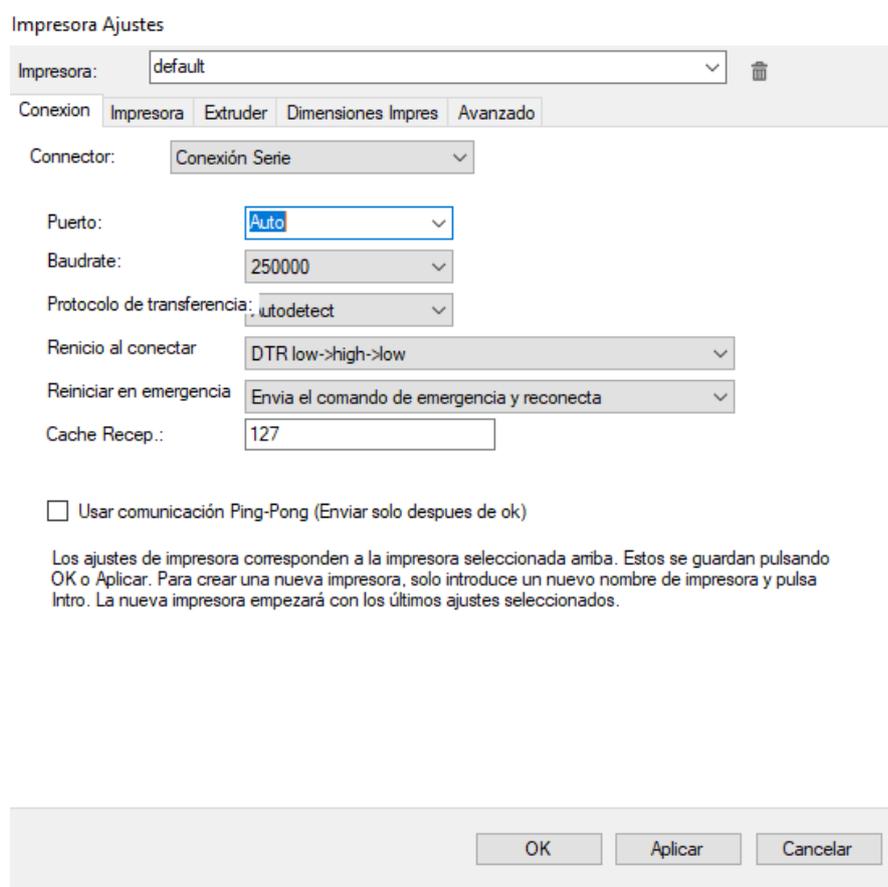


Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.6.5.1.1. Conexión

Para establecer conexión con la impresora 3D se debe considerar algunos parametros que describen los valores introducidos en el firmware que tiene la impresora 3D, y lograr así una comunicación fluida. Para configurar estos parametros nos dirigimos al menu Configuración – configuracion de impresora- conexión o simplemente haciendo la combinación de teclas Ctrl+p.

**Figura 2.103. Pestaña de Ajustes de Impresora**



Impresora Ajustes

Impresora: default

Conexión Impresora Extruder Dimensiones Impres Avanzado

Conector: Conexión Serie

Puerto: Auto

Baudrate: 250000

Protocolo de transferencia: autodetect

Renicio al conectar: DTR low->high->low

Reiniciar en emergencia: Envía el comando de emergencia y reconecta

Cache Recep.: 127

Usar comunicación Ping-Pong (Enviar solo despues de ok)

Los ajustes de impresora corresponden a la impresora seleccionada arriba. Estos se guardan pulsando OK o Aplicar. Para crear una nueva impresora, solo introduce un nuevo nombre de impresora y pulsa Intro. La nueva impresora empezará con los últimos ajustes seleccionados.

OK Aplicar Cancelar

Elaborado por el equipo de trabajo

La Figura 2.103 muestra la ventana de configuración de conexión de la impresora con el software Repetier Host, donde se tuvo que declarar valores referidos a la impresora 3D implementada de tal forma garantizar la comunicación de datos, en la Tabla 2.8 se detalla los valores intruducidos en el interfaz de configuración de conexión.

Tabla 2.8 Definición de Parámetros de Conexión

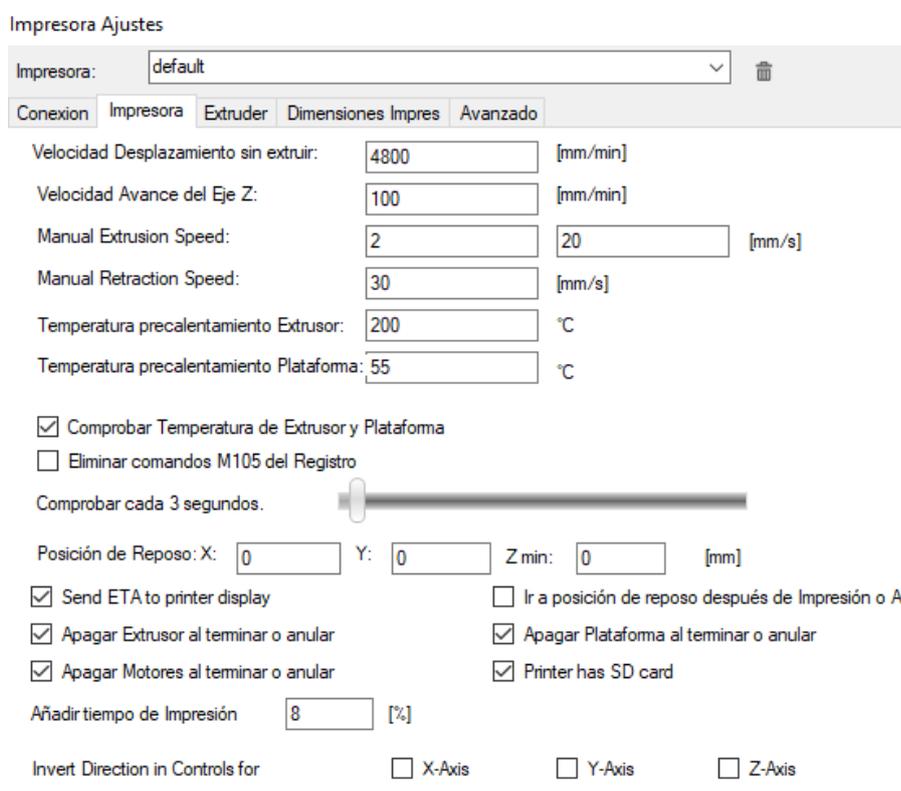
Parámetros de configuración	Valor Establecido
Conexión	Conexión serie
Puerto	Auto
Velocidad de Transmisión.	250000
Protocolo de transferencia	Auto detección
Reinicio al conectar	DTR low->high->low
Reiniciar de emergencia	Envía el comando de emergencia y reconecta
Cache receptor	127

Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.6.5.1.2. Impresora

Para la configuración de impresora en el Software Repetier Host se debe considerar los datos que requieran, la Figura 2.104 muestra la configuración realizada a la impresora 3D implementada.

Figura 2.104. Configuración de parámetros de movimiento



Elaborado por el equipo de trabajo

El software Repetier Host se puede conectar con varios tipos de impresora 3D, por lo tanto, se debe hacer la configuración para cada tipo y cada configuración es diferenciado por un nombre asignado en el firmware y características de la impresora.

los parámetros de la impresora 3D implementada se detallan en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9 *Parámetros de configuración de impresora*

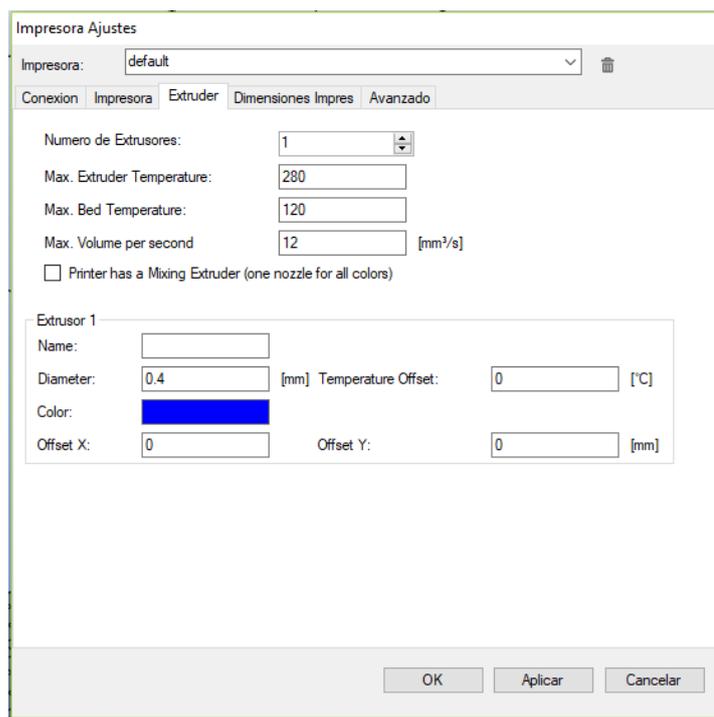
<b>Parámetros de Configuración</b>	<b>Valor Establecido</b>	<b>Unid. de Medida</b>
Velocidad de desplazamiento sin extruir	4800	mm/min
Velocidad de avance del eje Z	100	mm/min
Velocidad de extrusión manual	2-20	mm/s
Velocidad de retracción manual	30	mm/s
Temperatura Pre calentamiento Extrusor	200	°C
Temperatura Precalen. Plataforma	55	°C
Comprobar Temp. de Extrusor y Platafor.	Si	
Eliminar comandos M105 del registro	No	
Comprobar cada	3	Seg.
Posición de reposo	(0,0,0)	mm
Enviar ETA a Pantalla de Impresión	Si	
Apagar Extrusor al terminar o anular	Si	
Apagar Motores al terminar o anular	Si	
Ir a posición de reposo al terminar o anular	Si	
Apagar Plataforma al terminar o anular	Si	
Habilitar impresión por tarjeta SD	Si	

Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.6.5.1.3. Extrusor

Los parámetros a configurarse para el buen funcionamiento de la impresora tienen que ver con los valores que establezcamos en la configuración del extrusor, este es el que va a depositar filamento fundido en el área de impresión, en la Figura 2.105 se muestra el entorno y configuración del extrusor.

**Figura 2.105. Configuración de Parámetros del Extrusor**



Elaborado por el equipo de trabajo

La Tabla 2.10 describe los valores que se les asignó en la pestaña de configuración del extrusor en base a las características físicas del mismo.

Tabla 2.10 *Valores establecidos para la configuración del Extrusor*

<b>Parámetros de Configuración</b>	<b>Valor Establecido</b>	<b>Unidad de medida</b>
Numero de extrusores	1	Unid.
Temperatura máxima de extrusor	280	°C
Temperatura máxima de cama	120	°C
Volumen máximo por segundo	12	mm <sup>3</sup> /s
<b>Extrusor 1</b>		
Nombre	Por defecto	
Diámetro de boquilla de extrusión	0.4	mm
Color	Azul	
Compensación de temperatura	0	° C
Compensación en X	0	mm
Compensación en Y	0	mm

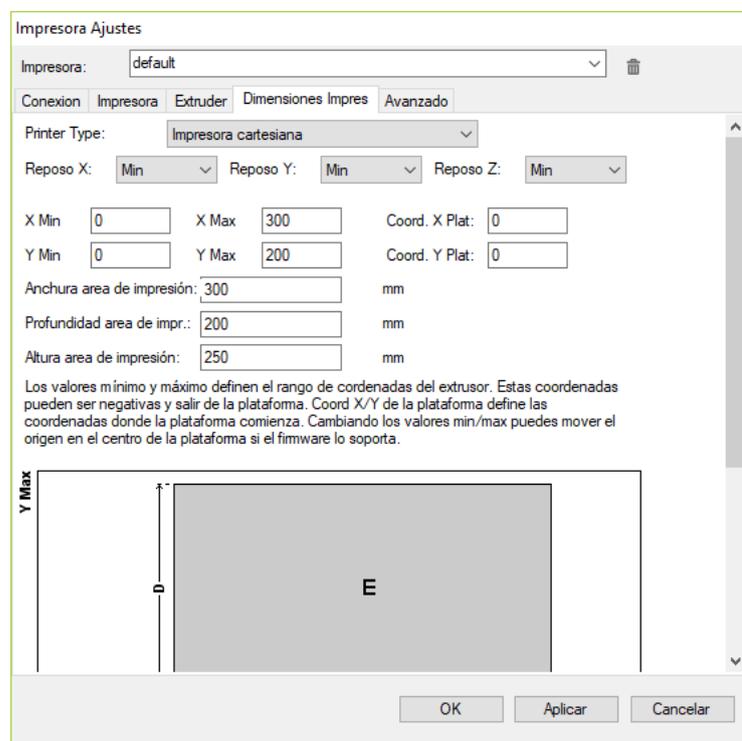
Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.6.5.1.4. Dimensiones de Impresión

Esta es la pestaña en donde se configura la dimensión volumetrica de impresión el cual se conforma con medidas para el eje frontal X, eje de profundidad de impresión Y y la altura Z, estas dimensiones se observan en la Figura 2.106.

La impresora 3D implementada soporta una superficie de 300mm de ancho, 200mm de profundidad y 250mm de altura.

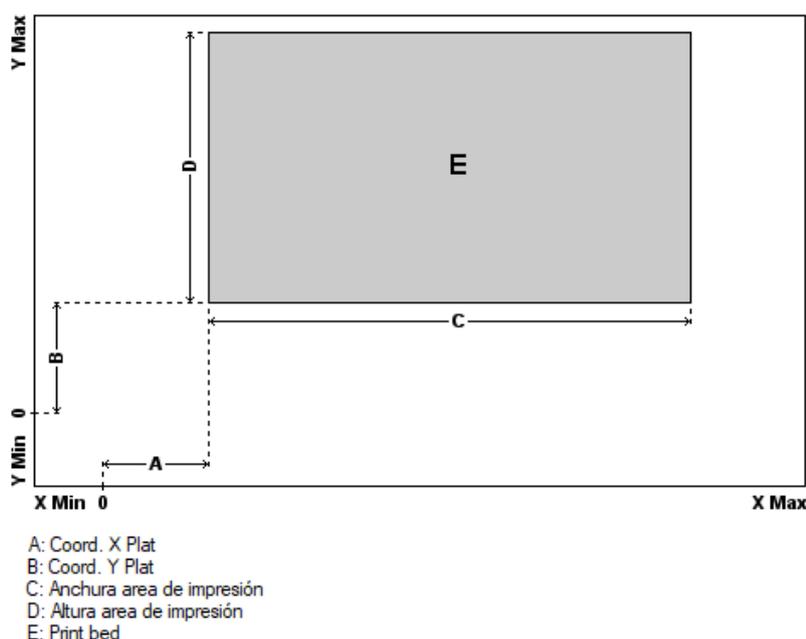
**Figura 2.106. Configuración de Dimensiones de la Impresora**



Elaborado por el equipo de trabajo

En la Figura 2.107 se puede observar cómo se representa los parámetros en el plano. Los mismos están relacionados con letras como A coordenada X, B coordenada Y de la plataforma asimismo la anchura del área de impresión esta denominada por la letra C, la altura del área de impresión por la letra D y por último la dimensión del área de impresión por la letra E.

**Figura 2.107. Área de Impresión**



Elaborado por el equipo de trabajo

En la Tabla 2.11 se observa los parámetros insertados al software en función al tamaño de impresión que soporta la Impresora 3D implementada.

Tabla 2.11 *Parámetros insertados de impresora 3D*

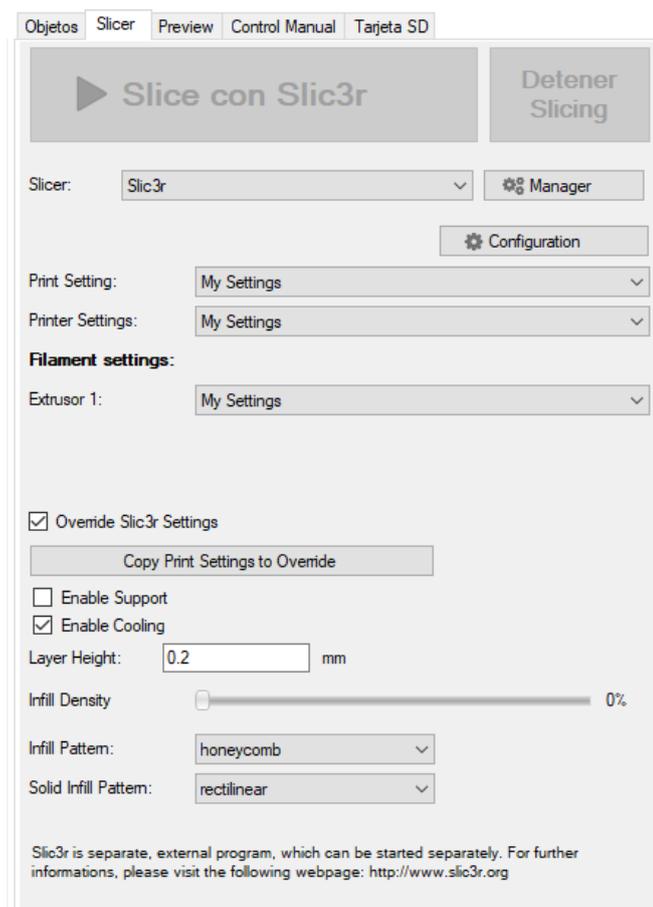
<b>Parámetros de Impresión</b>	<b>Valor Establecido</b>	<b>Unidad de medida</b>
Tipo de impresora	Impresora cartesiana	
Reposo en X	Mínimo	
Reposo en Y	Mínimo	
Reposo en Z	mínimo	
X mínimo	0	mm
Y mínimo	0	mm
X Máximo	300	mm
Y Máximo	200	mm
Coordenada x,y plataforma	0,0	
Anchura de área de impresión	300	mm
Profundidad de área de impresión	200	mm
Altura de área de impresión	250	mm

Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.6.5.2. Slicer

El software (Slicer) encargado de separar por capas el objeto STL a imprimir, en base a los parámetros de extrusión, a continuación, en la Figura 2.108, se muestra el entorno de inicio y configuración para la impresora 3D implementada.

**Figura 2.108. Entorno de Inicio de Software Slicer**



Elaborado por el equipo de trabajo

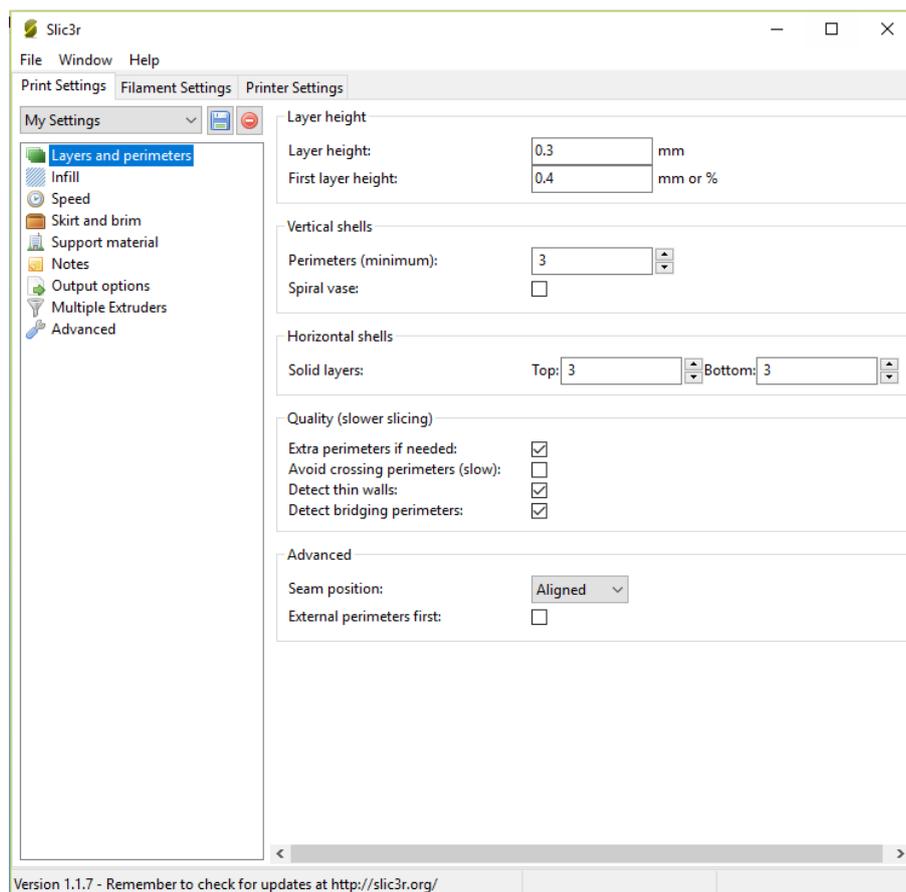
### 2.6.5.3. Configuración de impresión

Esta configuración está situada en el entorno de inicio y es donde se hace la configuración de capas y perímetros, relleno y velocidad.

### 2.6.5.3.1. Capas y perímetros

En este apartado se asignó la altura de las capas y perímetros de la misma, para la altura de la primera capa es 0.4mm y las siguientes capas en 0.3mm como se aprecia en la Figura 2.109.

**Figura 2.109. Configuración de Capas y Perímetros de Impresión**



Elaborado por el equipo de trabajo

Los perímetros de capa se asignaron en 3 pasadas, esto para que el objeto impreso ofrezca mayor resistencia, es decir entre mayor número de capas de perímetro mayor será la rigidez aun sin tener relleno interior en el objeto. Los datos se detallan en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 *Parámetros de Impresión*

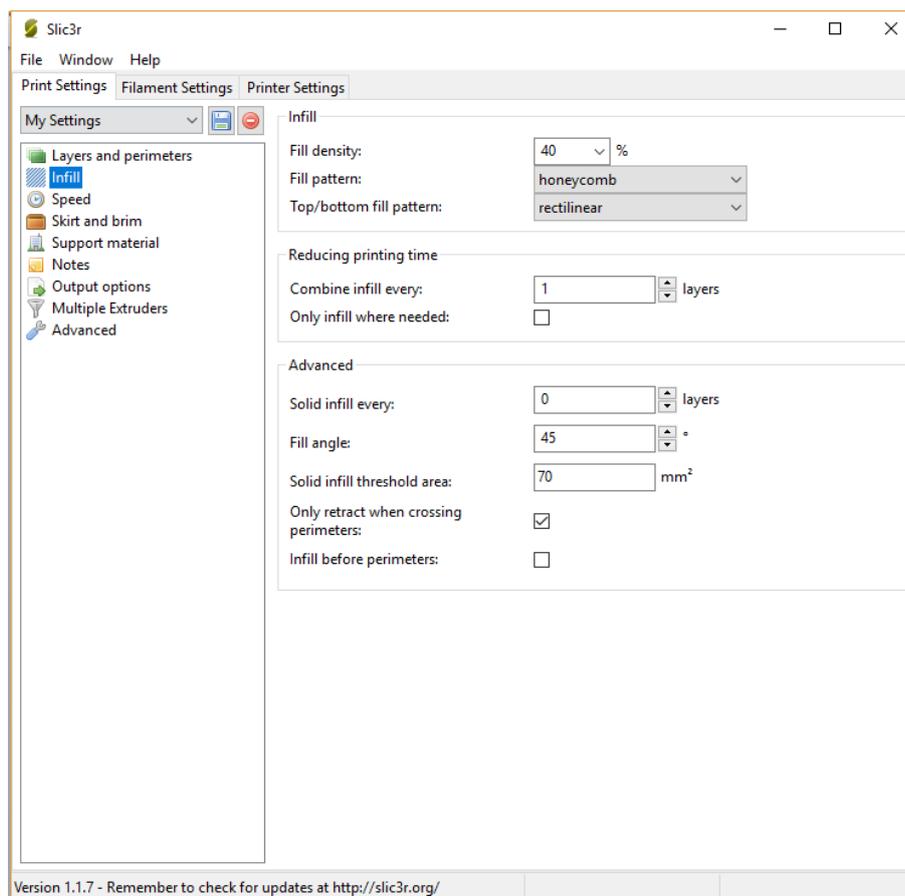
<b>Parámetros de configuración</b>	<b>Valores Establecidos</b>	<b>Unidad de Medida</b>
<b>Altura de Capas</b>		
Altura de capas	0.3	mm
Altura de primera capa	0.4	mm ó %
<b>Vertical Shells</b>		
Perímetro (mínimo)	3	
<b>Horizontal shells</b>		
Capa superior	3	
Capa inferior	3	
Calidad (slower slicing)		
Perímetros extra si es necesario	si	
Perímetros Cruzados (lento)	No	
Detección de paredes delgados	si	
Detección de perímetros puenteados	si	
<b>Avanzado</b>		
Posición	Alineado	
Perímetros externos primero	No	

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 2.6.5.3.2. Relleno

En esta pestaña se configuró la densidad de relleno al 40%, esto describe el porcentaje de relleno que se imprimirá con respecto al objeto y la forma de relleno deseado entre estos se tiene rectilíneo, panal, concéntrico y lineal, esto nos permite hacer un relleno dentro del objeto que aumenta su rigidez, estos parámetros se aprecia en la Figura 2.110 que también esta detallada en la Tabla 2.13.

**Figura 2.110. Configuración de Relleno de Impresión**



Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 2.13 *Parámetros de Relleno*

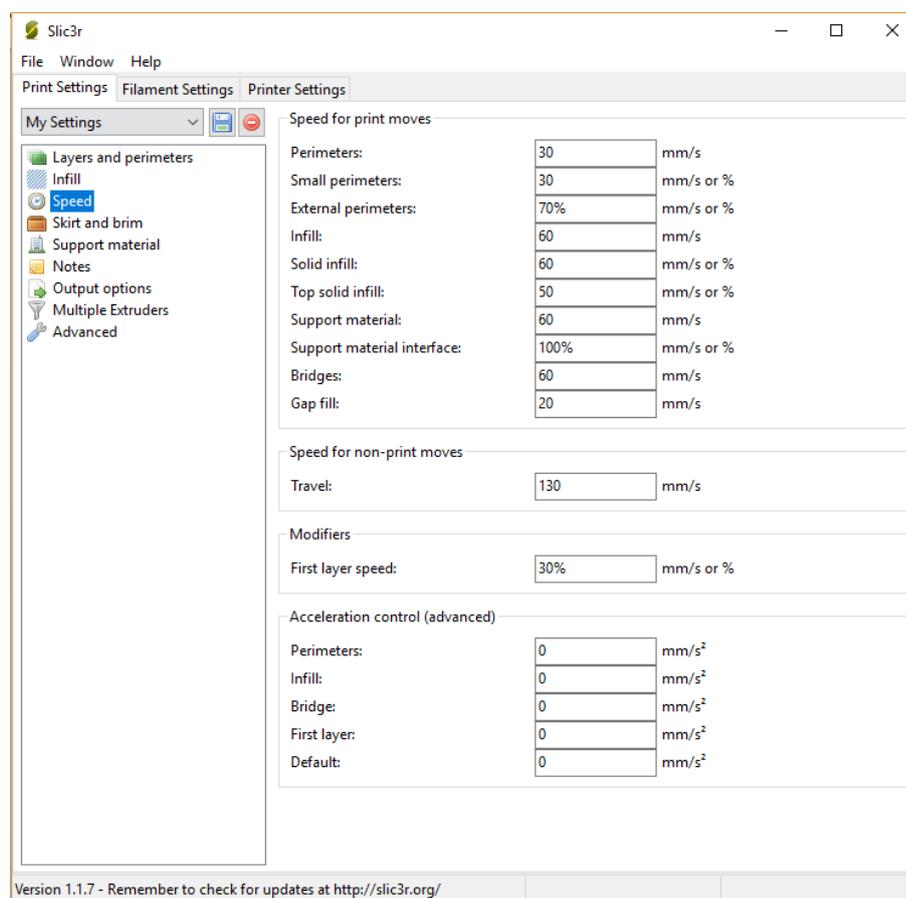
Parámetros de configuración	Valores establecidos	Unidad de medida
<b>Relleno</b>		
Densidad de relleno	40	%
Patrón de relleno	Panal	
Patrón de relleno superior/inferior	Rectilíneo	
<b>Reduciendo el tiempo de impresión</b>		
Combinar relleno cada	1	Capa
<b>Avanzado</b>		
Relleno solido cada	0	Capa
Ángulo de llenado	45	°
Área de umbral de relleno sólido	70	mm <sup>2</sup>

Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.6.5.3.3. Velocidad de impresión

Se definió la velocidad de impresión en distintas situaciones de impresión, trayectoria, curvas, rectas o irregulares, para movimientos sin carga o no se esté realizando el proceso de impresión, en la Figura 2.111 se muestra el entorno y la configuración de las velocidades para cada situación, por último, en aceleración todos en 0.

**Figura 2.111. Configuración de Velocidad de impresión**



Elaborado por el equipo de trabajo

La velocidad para movimientos de impresión se configura para los movimientos en el proceso de impresión; la velocidad para movimientos no impresos es la que se usa para movimientos sin la deposición de filamento.

En configuraciones avanzadas para las aceleraciones no se consideraron y se pusieron valores nulos. los valores se detallan en la Tabla 2.14.

Tabla 2.14 *Parámetros de Velocidad de Impresión*

<b>Parámetros de configuración</b>	<b>Valores establecidos</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Velocidad para movimientos de impresión</b>		
Perímetros	30	mm/s
Pequeños perímetros	30	mm/s ó %
Perímetros externos	70	mm/s ó %
Relleno	60	mm/s
Relleno solido	60	mm/s ó %
Relleno solido superior	50	mm/s ó %
Material de soporte	60	mm/s
Interfaz de material de soporte	100%	mm/s ó %
Puentes	60	mm/s
Relleno de brecha	20	mm/s
<b>Velocidad para movimientos no impresos</b>		
Recorrido	130	mm/s
<b>Modificadores</b>		
Velocidad en primera capa	30	mm/s ó %
<b>Control de aceleración (avanzado)</b>		
Perímetro	0	mm/s <sup>2</sup>
Relleno	0	mm/s <sup>2</sup>
Puente	0	mm/s <sup>2</sup>
Primera capa	0	mm/s <sup>2</sup>
Defecto	0	mm/s <sup>2</sup>

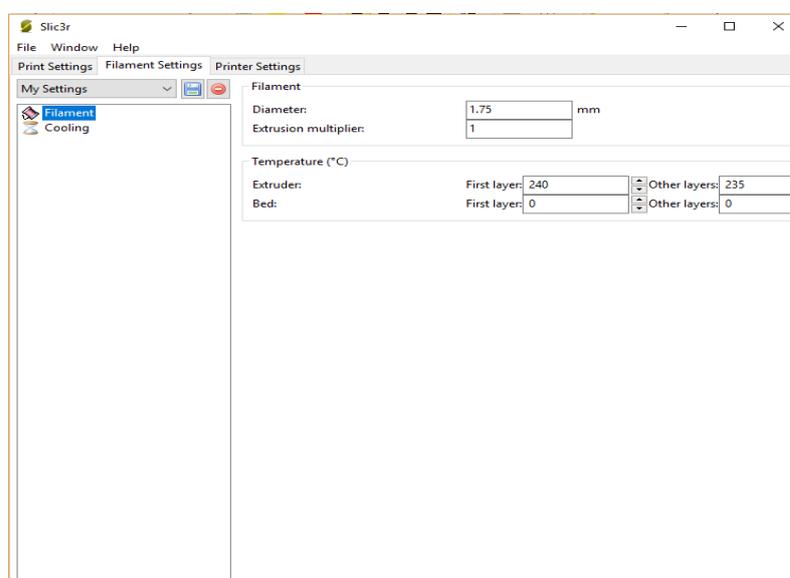
Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.6.5.3.4. Configuración de filamento

Se introdujo el valor de la medida del área transversal del filamento, que es 1.75mm, la impresora 3D implementada solo se tiene un solo extrusor y se configuró la temperatura del extrusor para la primera capa en 240° y en las demás capas a 235 como se aprecia en la Figura 2.112 que también se resume en la Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 2.15.

**Figura 2.112. Configuración de Filamento**



Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 2.15 Configuración de Filamento

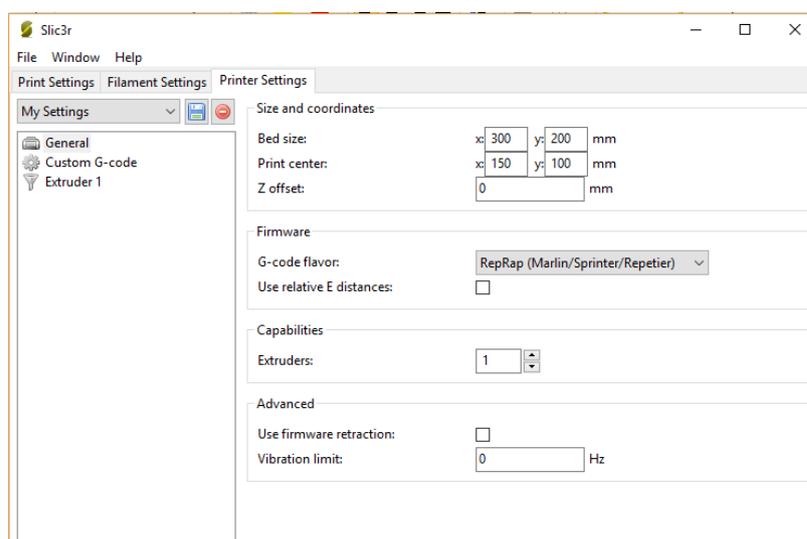
Parámetros de configuración	Valores establecidos
<b>Filamento</b>	
Diámetro	0.75mm
Multiplicador de extrusión	1
<b>Temperatura</b>	
Extrusor	240° - 235° C
Cama caliente	55° - 40° C

Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.6.5.3.5. Configuración de impresora

En la pestaña de Printer Settings (configuración de la impresora) se introdujo las dimensiones del área de impresión en X e Y 300x200mm respectivamente. También se hizo la selección del firmware RepRap (Marlin, Sprinter, Repetier) que es compatible con la impresora 3D implementada, la configuración se puede apreciar en la Figura 2.113 y Tabla 2.16.

**Figura 2.113. Configuración General (medidas de la impresora)**



Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 2.16 Configuración de las medidas de la impresora

Parámetros de configuración	valores establecidos
<b>Tamaños y coordenadas</b>	
Tamaño de cama	30cmx20cm
Centro de impresión	(15,10)
<b>Firmware</b>	
G-Code Flavor	RepRap(Marlin/Sprinter/Repetier)
<b>Capacidad</b>	
Cantidad de extrusores	1
<b>Parámetros avanzados</b>	
Límite de Vibración	0

Elaborado por el equipo de trabajo

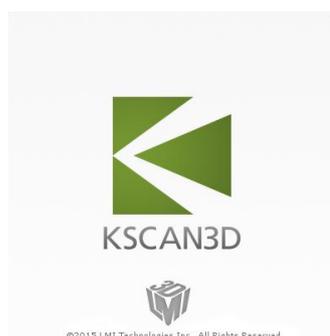
### 2.6.6. Escáner 3D

### 2.6.7. Configuración de software de escaneo

#### 2.6.7.1. Kscan3D 1.0

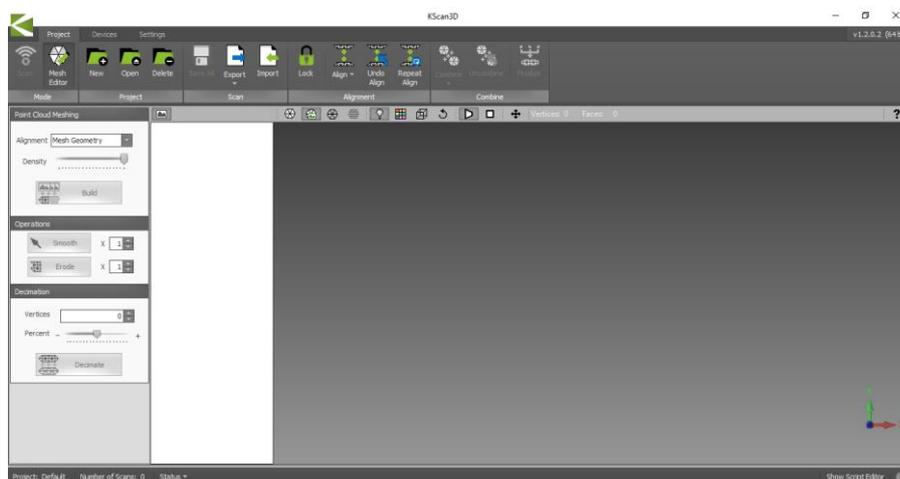
Se instala el Software Kscan3D en su Versión 1.2 para 64 bits, en la Figura 2.114 se muestra el logotipo del software y en la Figura 2.115 se muestra el entorno de trabajo. Se estableció los parámetros necesarios de escaneo como el reconocimiento de sensor o cámara, en nuestro caso sensor Kinect versión 1.0, posteriormente se configura el tipo de captura que realizará ya sean por nube de puntos o mallas geométricas. El resto de las configuraciones se hace en el proceso de experimentación, dado que existen configuraciones que solo se activan cuando se tiene el escáner conectado.

**Figura 2.114. Inicio de Kscan3D**



Elaborado por el equipo de trabajo

**Figura 2.115. Entorno de Trabajo Configurado en Escaneo por Malla**



Elaborado por el equipo de trabajo

Para el proceso de escaneo se necesita configurar el software de escaneo Kscan3D considerando parámetros de distancia, cantidad de capturas a realizarse, modo de captura, apertura de visión y enfoque del objeto.

### 2.6.7.2. Procesamiento y Modelado 3D

Para el procesamiento 3D se usó el Software de edición 3D Autodesk Inventor en su versión estudiante (prueba), en donde se hizo el tratamiento de objeto en formato STL obtenido del escaneo 3D, Autodesk Inventor trabaja con un formato propio .ipt por lo que se hizo la conversión a este formato para su procesamiento, posteriormente se hizo la conversión a un nuevo archivo STL. En la **Figura 2.116** se muestra la portada de inicio del software de modelado 3D.

**Figura 2.116.** Entorno de inicio de Autodesk Inventor



Elaborado por el equipo de trabajo

## 2.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2.17 Operacionalización de variables de la investigación

<b>VARIABLES DE CALIBRACIÓN:</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
impresora 3D	1.1.Tiempo	1.1.1. S tiempo de impresión.	- De 3 a 392,540s (19h:2m:20s)
Escáner 3D	1.2.Distance	1.1.2. mm longitud de medida	- De 600 a 900 mm
	1.3.Punto ciego	1.1.3. % porcentaje de relleno	- De 0 a 100%
<b>VARIABLES DE EVALUACIÓN:</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
Objetos impresos	2.1.Dimension	2.1.1. longitud de caras ejes.	-2mm <sup>3</sup> a 300X200X250mm <sup>3</sup>
Objetos escaneados	2.2.Cantidad	2.2.1. cantidad de caras y vértices de objeto	-de 3 caras y 1 vértice a 100,000,000 caras y 300,000,000 vértices para este fin en la tesis

Elaborado por el equipo de trabajo

## CAPÍTULO III

### DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN

La metodología que se utilizó para el proceso de investigación se inició con recolección de datos e información de la web, repositorios institucionales y conocimientos adquiridos en la escuela profesional de Ingeniería Electrónica. Para el diseño e implementación se evaluó de hoja de datos de materiales y dispositivos de distintos fabricantes, posteriormente se realizaron pruebas de funcionamiento, finalizando con el análisis de los datos obtenidos en los experimentos y según los resultados se llegó a las conclusiones.

#### 3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación consiste en un estudio de abordaje cuantitativo. Es de nivel aplicativo por que plantea resolver problemas y evalúa el éxito de los resultados mediante operaciones estadísticas. Su diseño es experimental porque se manipula una o más variables independientes de manera intencional para analizar las consecuencias sobre una o más variables dependientes.

#### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.2.1. Población de la investigación

La población tomada en esta investigación son los objetos impresos en 3D y los escaneos 3D realizados en la etapa de experimentación. Se hicieron una cantidad de 7 impresiones y un total de 11 escaneos 3D, cantidades que se tomó como población.

### 3.2.2. Muestra de la investigación

La muestra de la investigación es el total de los objetos impresos en 3D de la población considerada en esta investigación. Las cuales fueron consideradas todas las impresiones que tuvieron resultado exitoso, excepto la impresión del quinto experimento que no finalizó a causa de una falla técnica en el proceso de impresión. En el caso del escaneo la muestra se consideró el total de la población que fue 11 escaneos, porque no hubo errores técnicos en el proceso.

### 3.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

El presente proyecto de tesis está diseñado para animales caninos con problemas de movilidad de la ciudad de Puno, donde se detalla la fabricación de prótesis con una impresora 3D que se implementó en la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Los objetos 3D impresos que se consideró como población se tomaron para obtener la longitud de los lados en los ejes X Y y Z, es decir, que las longitudes de sus lados son cuantificables en cada eje. Asimismo, para los objetos escaneados se tuvieron que considerar las distancia a la que fueron experimentadas (escaneado) en cada caso y en efecto se obtuvieron caras y vértices.

#### 3.3.1. Ubicación geográfica

- Latitud :15°50'36"S
- Longitud :70°01'25"O
- Altitud : 3827 m.s.n.m.

#### 3.3.2. Ubicación política

- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno

### 3.4. MATERIAL EXPERIMENTAL

Como material experimental se tomaron los siguientes elementos.

- Impresora 3D
- Instrumentos de medición métrica
- Escáner 3D
- Software de adquisición y procesamiento de imágenes 3D
- Software de diseño general Autodesk Inventor
- Software de diseño de circuitos electrónicos

La impresora 3D será evaluado tomando las medidas de los lados de objetos impresos por ésta. Los instrumentos de medición métrica serán usados para obtener dimensiones lineales de los ejes de cada lado.

El software Kscan3D será el medio para obtener las capturas por el sensor Kinect y será en donde se hará el procesamiento de combinación de capturas y formar un objeto en formato STL.

De la misma forma el software Autodesk Inventor será participe realizando diseños de partes de la impresora y escáner 3D asimismo para el modelamiento de objetos escaneados.

Los softwares de diseño de circuitos se usarán para la elaboración de circuitos en placas electrónicas.

### **3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN**

#### **3.5.1. Técnicas**

La técnica para la recolección de datos es observación directa, porque los investigadores estuvieron personalmente en el hecho o fenómeno investigado, acompañado de acciones que realizaron, al momento de la implementación y desarrollo de la experimentación para la obtención de datos.

#### **3.5.2. Instrumentos**

Para la recolección de datos se contó con instrumentos como cuaderno de notas cuadro de registros, libreta de notas de los apuntes e instrumentos de medición métrica para cada uno de los experimentos.

### **3.6. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

La técnica para el procesamiento de los datos usado en esta investigación se basa en operaciones estadísticas usando los datos tomados de distintos experimentos y/o pruebas realizadas en el transcurso de la investigación.

#### **3.6.1. Plan de procesamiento de datos**

Para el procesamiento de datos obtenidos se aplicó la estadística descriptiva, varianza y desviación estándar, para obtener resultados de variación de lados de cada objeto impreso, y obtener el índice de precisión necesaria para demostrar la calidad de una impresora implementada con materiales reciclados.

### **3.7. PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO**

#### **3.7.1. Impresión 3D**

El procedimiento del experimento en impresión 3D consiste en una secuencia de acciones como configuración del software para cada experimento de impresión 3D, experimentación y resultados que se detallan en el capítulo IV (discusión y resultados).

Los objetos a imprimirse fueron:

##### **3.7.1.1. Cubo de 20mm**

Es un cubo de calibración de 20mm de lado y en cada uno de sus ejes tiene el nombre del eje (X,Y,Z) grabado en bajo relieve estos modelos fueron obtenidos de (iDig3Dprinting, 2016)

##### **3.7.1.2. Cubo de calibración de 40mm**

Es un cubo de calibración de 40mm de lado y en una cara de sus ejes lleva el eje grabado en bajo relieve obtenido de (iDig3Dprinting, 2016)

##### **3.7.1.3. Moneda icosaedro regular**

Es un objeto 3D con forma de una moneda la base es un polígono regular de 20 lados (icoságono) el cual fue obtenido de (Darknightp, 2018)

##### **3.7.1.4. Huevo de dragón**

Es un objeto 3D con forma de huevo que presenta una superficie escamosa y su superficie tiene la textura de un huevo de dragón, es cual fue obtenido de(Squire, 2018)

##### **3.7.1.5. Baby groot**

Es un objeto 3D que tiene la forma y similitud a un personaje de cinematográfico de nombre Baby Groot este modelo fue obtenido de (Davis, 2018)

### 3.7.2. Configuración de Slicer

Para la comprobación del funcionamiento de la impresora se consideró realizar una serie de experimentos los cuales consisten en la impresión de objetos de distintas formas y tamaños, con una superficies regulares y amorfos para lo cual se hizo las respectivas configuraciones en el programa Slicer y de ahí se obtuvo datos estimados según dicho software.

#### 3.7.2.1. Configuración para Experimento 1

En este experimento se consideró imprimir un cubo regular de 20mm de lado, y para lo cual en software Slicer se configuró la altura de capa a 0.2 mm y 3 capas verticales obteniendo el tiempo de impresión estimado, distribución de capas del objeto, total de líneas y filamento necesario estimado los mismos datos que se detallan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 *Asignación de parámetros para experimento 1 en impresión 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
Objeto	Cubo
X	20mm
Y	20mm
Z	20mm
Tiempo estimado de impresión	3145s (52m25s)
Cantidad de capas	99 unidades
Total de líneas	9026 unidades
Filamento necesario	1942mm

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 3.7.2.2. Configuración para Experimento 2

En este experimento se consideró el mismo cubo del experimento anterior, a una escala doble, será un cubo de 40mm de lado el tiempo estimado de impresión estimado es 01 hora, 57 minutos y 18 segundos, con una distribución de capas, y de filamento necesario, se detalla en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 *Asignación de parámetros para experimento 2 en impresión 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
Objeto	Cubo
X(mm)	40mm
Y(mm)	40mm
Z(mm)	40mm
Tiempo estimado de impresión (s)	7,038s
Cantidad de capas	199 Unidades
Total de líneas	16,688 Unidades
Filamento necesario	7,289mm

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.2.3. Configuración para Experimento 3

En este experimento se consideró una moneda de 50mm de diámetro y una altura de 4mm, la base de la moneda no es circular sino dodecágono regular (20 lados). El tiempo estimado de impresión, cantidad de capas, total de líneas y filamento necesario se resumen en la Tabla 3.3. De misma forma que el anterior experimento la cantidad de capas está relacionada con la altura total del objeto 3D dividida entre 0.2 y 0.4 para la primera capa.

Tabla 3.3 *Asignación de parámetros para experimento 3 en impresión 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
Objeto	Moneda (cilíndrico)
X(mm)	50mm
Y(mm)	50mm
Z(mm)	4mm
Tiempo estimado de impresión	1239s (20m39s)
Cantidad de capas	19 unidades
Total de líneas	8793 unidades
Filamento necesario	1789mm

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 3.7.2.4. Configuración para Experimento 4

En este experimento se imprimió un objeto con forma y textura de huevo de dragón con diámetro mayor de 30mm y 22mm de diámetro menor. El tiempo de impresión, cantidad de capas, total de líneas y filamento necesario calculados por el software Slicer, son datos que se resumen en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 *Asignación de parámetros para experimento 4 en impresión 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
Objeto	Huevo de dragón
X(mm)	22mm
Y(mm)	22mm
Z(mm)	30mm
Tiempo estimado de impresión	4022s (01h07m2s)
Cantidad de capas	143 unidades
Total de líneas	28688 unidades
Filamento necesario	1670mm

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 3.7.2.5. Configuración para Experimento 5

Para este experimento se realizó la impresión 3D de Baby Groot, sus datos se resumen en la Tabla 3.5, los cuales comprenden el tiempo de impresión y la cantidad de capas necesarias calculados por el software Slicer, cabe recalcar que por tratarse de un objeto irregular las dimensiones en los ejes fueron personalizados en el software Autodesk Inventor y posteriormente fueron obtenidos los datos que se detallan a continuación.

Tabla 3.5 *Asignación de parámetros para experimento 5 en impresión 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
Objeto	Baby groot
X(mm)	80
Y(mm)	70
Z(mm)	100
Tiempo estimado de impresión	20,942s (05h49m02s)
Cantidad de capas	499 unidades
Total de líneas	750610 unidades
Filamento necesario	19598mm

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.2.6. Configuración para Experimento 6

Para este experimento se consideró imprimir la pata de canino 3D descrita anteriormente, los datos se resumen en la Tabla 3.6. Al ser un objeto amorfo solo se midió la proyección ortogonal del objeto en los componentes XYZ, lo cual fue realizado en el software Autodesk Inventor. Y los datos de tiempo estimado de impresión, cantidad de capas, total de líneas y de filamento necesario fueron obtenidas del software Slicer.

Tabla 3.6 *Asignación de parámetros para experimento 6 en impresión 3D*

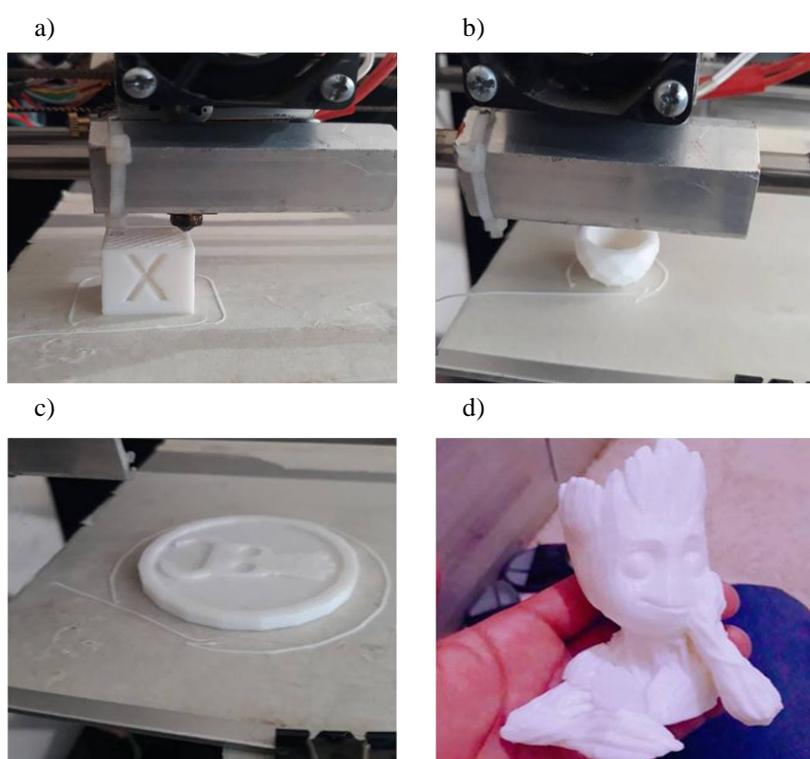
<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
Objeto	Pata de Canino
X(mm)	50mm
Y(mm)	75mm
Z(mm)	175mm
Tiempo estimado de impresión	22,890s (06h21m30s)
Cantidad de capas	867 unidades
Total de líneas	159838 unidades
Filamento necesario	11032mm

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.3. Experimentación en impresión 3D

En la Figura 3.1(a) se puede apreciar el proceso de impresión del cubo de 20mm de lado, asimismo en la Figura 3.1(b) se muestra el momento en que se imprimía el objeto llamado huevo de dragón. En la Figura 3.1(c) se puede visualizar el momento preciso del acabado de impresión del objeto llamado moneda de 20 lados (icoságono) y en la Figura 3.1(d) se muestra a Baby Groot en miniatura e impreso en 3D.

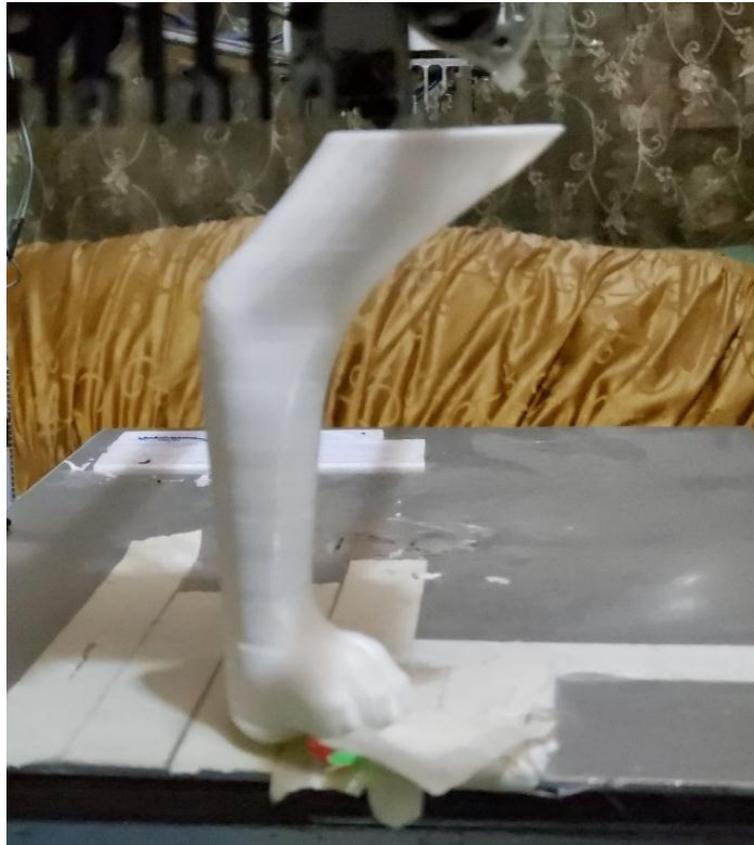
**Figura 3.1. Impresión de objetos experimentos**



Elaborado por el equipo de trabajo

Después de hacer las pruebas de impresión y viendo los resultados, se realizó una impresión de una pata de un canino modelado en 3D encontrado en la Red (Poggiaspalla, 2018) como se aprecia en la Figura 3.2.

**Figura 3.2. Proceso de impresión de para de canino**



Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.4. Escaneo 3D

### 3.7.5. Configuración y Experimentación de Kscan3d para Escaneo 3D

La configuración que se debe tomar en cuenta previo al experimento de escaneo es en el software Kscan3D, se debe mencionar la cantidad de capturas a realizarse, el ángulo de rotación, cantidad de micro-pasos necesario para el movimiento de ángulo para cada caso. También se debe considerar el tipo de captura que se tendrá que realizar.

#### 3.7.5.1. Configuración y escaneo 3D para Experimento 1

En este apartado se hizo la configuración del escaner según hoja de datos y la recomendaciones obtenidas en libros y Web. Se hizo el escaneo de un ratón inalámbrico que se aprecia en la Figura 3.3.

*Figura 3.3. Mouse inalámbrico*



Elaborado por el equipo de trabajo

También se considera el tipo de captura de imagen, número de escaneo, retardo entre escaneo, densidad de escaneo. La apertura de ejes es la proximidad de enfoque de objeto en los ejes considerando z en dirección del objeto hacia el sensor, en este experimento se consideró la distancia del objeto al sensor de 600mm.

Y los parámetros de configuración correspondiente al primer experimento se observa en la Tabla 3.7, donde detalla cantidad de captura, ángulo de rotación del escaner y cantidad de pasos para motor necesarios para dicho ángulo.

Tabla 3.7 *Asignación de parámetros para experimento 1 en escaneo 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	20 unidades
Ángulo de giro	18 grados
Cantidad de pasos para motor	66.65 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Nube de puntos
Numero de escaneo	20
Retardo entre escaneo	2.4
Alineación	mallá geométrica
Densidad	100%
<b>Apertura de ejes</b>	
X	100%
Y	100%
Z	300mm
Rango de visión z	1500mm
<b>Ejecución</b>	
Vértices	22,060
Porcentaje	95%
<b>Objeto Combinado</b>	<b>100%</b>
Vértices	26,846
Caras	48,992

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.5.2. Configuración y escaneo 3D para Experimento 2

Para este apartado se tuvo que considerar algunas variaciones de la distancia de escaneo a 900mm, entre el sensor Kinect y el objeto a escanearse los detalles se muestran en la Tabla 3.8; y los demás parámetros se mantienen en como en la Tabla 3.7 del experimento 1.

Tabla 3.8 *Asignación de parámetros para experimento 2 en escaneo 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	20 unidades
Angulo de giro	18 grados
Cantidad de pasos de motor	66.65 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Nube de puntos
numero de escaneo	20
retardo entre escaneo	2.4
retardo en segundos	0
alineación	mallá geométrica
densidad	100%
<b>apertura de ejes</b>	
x	100%
y	100%
z	300mm
rango de visión z	1500mm
<b>ejecución</b>	
vértices	6,204
porcentaje	95%
<b>Objeto Combinado</b>	
vértices	7,986
caras	13,779

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.5.3. Configuración y escaneo 3D para Experimento 3

Para este experimento se consideró los mismos parámetros para la plataforma de escaneo, pero se optó por Malla geométrica para el tipo de captura y así obteniendo un objeto combinado de 25,423 vértices y 43,093 caras, los demás datos se detallan en la Tabla 3.9. Considerando la distancia de 600mm entre el sensor y el objeto 3D (ratón inalámbrico), en este tipo de captura por mala geométrica no se no es necesario que se realice la operación de ejecución por el que no muestra la cantidad de vértices.

Tabla 3.9 *Asignación de parámetros para experimento 3 en escaneo 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	20 unidades
Angulo de giro	18 grados
Cantidad de pasos de motor	66.65 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Malla geométrica
numero de escaneo	20
retardo entre escaneo	2.4
retardo en segundos	0
alineación	mallla geométrica
densidad	100%
<b>apertura de ejes</b>	
x	100%
y	100%
z	300mm
rango de visión z	1500mm
<b>ejecución</b>	
Objeto Combinado	-
vértices	25,423
caras	43,093

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 3.7.5.4. Configuración y escaneo 3D para Experimento 4

En esta experiencia se sigue tomando los datos de la experiencia anterior a excepción de los datos de apertura de ejes Z a 300mm y rango de visión de 1200mm, obteniéndose los resultados tal y como se muestra en la Tabla 3.10. Además, la distancia del escáner y el objeto es de 600mm. Se obtuvo una cantidad de 27,039 vértices y 49,144 caras en el objeto combinado.

Tabla 3.10 *Asignación de parámetros para experimento 4 en escaneo 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	20 unidades
Angulo de giro	18 grados
Cantidad de pasos de motor	66.65 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Malla geométrica
numero de escaneo	20
retardo entre escaneo	2.4
retardo en segundos	0
alineación	malla geométrica
densidad	100%
<b>apertura de ejes</b>	
x	100%
y	100%
z	300mm
rango de visión z	1200mm
<b>ejecución</b>	
vértices	
porcentaje	100%
<b>Objeto Combinado</b>	
vértices	27,039
caras	49,144

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.5.5. Configuración y escaneo 3D para Experimento 5

Como en el experimento anterior no se obtuvo una buena cantidad de vértices y de caras en este experimento se sigue considerando la nube de puntos como el tipo de captura y manteniendo la distancia de escaneo a 600mm además se realizó el escaneo en presencia de alumbrado y los datos se muestran en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 *Asignación de parámetros para experimento 5 en escaneo 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	20 unidades
Angulo de giro	18 grados
Cantidad de pasos de motor	66.65 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Nube de puntos
numero de escaneo	20
retardo entre escaneo	2.4
retardo en segundos	0
alineación	mallá geométrica
densidad	100%
<b>apertura de ejes</b>	
x	100%
y	100%
z	300mm
rango de visión z	1500mm
<b>ejecución</b>	
vértices	24,698
porcentaje	95%
Objeto Combinado	100%
vértices	25,998
caras	47,033

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.5.6. Configuración y escaneo 3D para Experimento 6

En este experimento de escaneo se continuó escaneando el mismo objeto de los anteriores y las configuraciones que se hicieron para esta experiencia fue en la apertura del eje Z se estableció a 500mm y los demás parámetros continúan siendo los mismos que se dieron en experimentos anteriores, de esta manera obteniendo un total de 29,152 vértices y 53,593 caras estos y más datos se detallan en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12 *Asignación de parámetros para experimento 6 en escaneo 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	20 unidades
Angulo de giro	18 grados
Cantidad de pasos de motor	66.65 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Nube de puntos
numero de escaneo	20
retardo entre escaneo	2.4
alineación	mallá geométrica
densidad	100%
<b>apertura de ejes</b>	
x	100%
y	100%
z	500mm
rango de visión z	1000mm
<b>ejecución</b>	
vértices	27,695
porcentaje	95%
Objeto Combinado	100%
vértices	29,152
caras	53,593

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.5.7. Configuración y escaneo 3D para Experimento 7

En este experimento se usa los mismos parámetros anteriores con el fin de usar el relleno de huecos a un porcentaje mayor que se verá reflejado en los resultados de esta experiencia, por otro lado, se recalca que el tapado de huecos es una función que tiene el software de escaneo Kscan3D en la etapa de procesamiento del objeto digital, los datos de escaneo se muestran en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 *Asignación de parámetros para experimento 7 en escaneo 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	20 unidades
Angulo de giro	18 grados
Cantidad de pasos de motor	66.65 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Nube de puntos
numero de escaneo	20
retardo entre escaneo	2.4
alineación	mallá geométrica
densidad	100%
<b>apertura de ejes</b>	
x	100%
y	100%
z	500mm
rango de visión z	1000mm
<b>ejecución</b>	
vértices	26,246
porcentaje	95%
Objeto Combinado	100%
vértices	27,628
caras	50,532

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.5.8. Configuración y escaneo 3D para Experimento 8

Para este experimento de escaneo se consideró hacer más tomas de imágenes tridimensionales que los anteriores; a 30 capturas en un ángulo de 12 grados y de 44.43 pasos para el motor de la plataforma de escaneo, los demás datos se detallan en la Tabla 3.14

Tabla 3.14 *Asignación de parámetros para experimento 8 en escaneo 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	30 unidades
Angulo de giro	12 grados
Cantidad de pasos de motor	44.43 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Nube de puntos
numero de escaneo	30
retardo entre escaneo	2.4
alineación	mallá geométrica
densidad	100%
<b>apertura de ejes</b>	
x	100%
y	100%
z	500mm
rango de visión z	1000mm
<b>ejecución</b>	
vértices	38,561
porcentaje	95%
Objeto Combinado	100%
vértices	40,591
caras	73,856

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.5.9. Configuración y escaneo 3D para Experimento 9

En esta experiencia se hizo la reducción de captura de imágenes en este caso a 25 capturas con ángulo de giro de 14.4 grados y 53.32 pasos del motor, los demás datos se detallan en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 *Asignación de parámetros para experimento 9 en escaneo 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	25 unidades
Angulo de giro	14.4 grados
Cantidad de pasos de motor	53.32 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Nube de puntos
numero de escaneo	25
retardo entre escaneo	2.4
alineación	mallá geométrica
densidad	100%
<b>apertura de ejes</b>	
x	100%
y	100%
z	500mm
rango de visión z	1000mm
<b>ejecución</b>	
vértices	35,536
porcentaje	95%
Objeto Combinado	100%
vértices	37,407
caras	68,881

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.5.10. Configuración y escaneo 3D para Experimento 10

En este experimento se consideró la misma cantidad de capturas que en el experimento 9 también se consideró la apertura de eje Z a 500mm y un rango de visión de 1200mm, estos y demás datos se detalla en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 *Asignación de parámetros para experimento 10 en escaneo 3D*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	25 unidades
Angulo de giro	14.4 grados
Cantidad de pasos de motor	53.32 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Solo captura
Numero de escaneo	25
Retardo entre escaneo	2.4
Alineación	mallá geométrica
Densidad	100%
<b>Apertura de ejes</b>	
X	100%
Y	100%
Z	500mm
Rango de visión z	1200mm
<b>Ejecución</b>	
Vértices	36,594
Porcentaje	95%
Objeto Combinado	100%
Vértices	38,520
Caras	71,036

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.5.11. Configuración y escaneo 3D para Experimento 11

En este experimento se tomaron los mismos datos del experimento 10 excepto con el tiempo de retardo entre escaneo que se puso en 3.5 segundos obteniendo así 60,803 caras esto se detalla en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17 Asignación de parámetros para experimento 11 en escaneo 3D

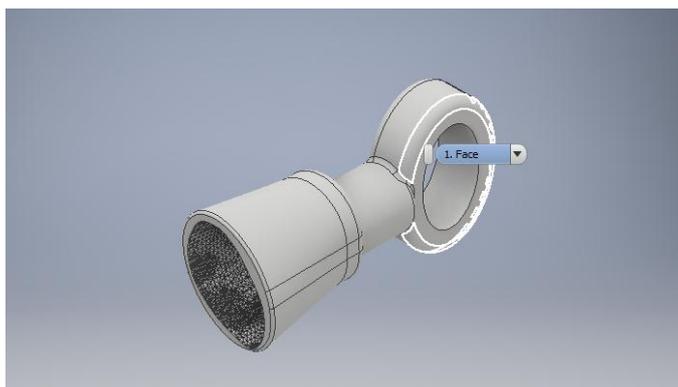
<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
<b>Plataforma de escaneo</b>	
Cantidad de captura	25 unidades
Angulo de giro	14.4 grados
Cantidad de pasos de motor	53.32 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Solo captura
Numero de escaneo	25
Retardo entre escaneo	3.5
Alineación	mallá geométrica
Densidad	100%
<b>Apertura de ejes</b>	
X	100%
Y	100%
Z	500mm
Rango de visión z	1200mm
<b>Ejecución</b>	
Vértices	31,536
Porcentaje	95%
Objeto Combinado	100%
Vértices	36,196
Caras	60,803

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.6. Diseño e impresión de un prototipo de prótesis

En la Figura 3.4 se muestra el diseño de una prótesis personalizada para una pata escaneada, el proceso de modelado 3D que tuvo fue aplicar una operación de sustracción entre la prótesis y la pata escaneada del canino, para obtener la forma y tamaño de la pata y poder reflejar dichos datos en la prótesis, dicha operación se realizó en el software Autodesk Inventor; en la Figura 3.5 se puede apreciar el prototipo de la prótesis impresa en 3D fabricada por la impresora 3D implementada; cabe recalcar que solo se trata de un prototipo por lo tanto solo es demostrativo y no se puede afirmar que es completamente funcional.

**Figura 3.4. Diseño de prototipo de prótesis**



Elaborado por el equipo de trabajo

**Figura 3.5. Prototipo de prótesis impreso en 3D**



Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.8. PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS

El plan de tratamiento de datos que se usó en la presente investigación fue obtener los datos de los resultados y hacer cálculos en los dos sistemas impresión 3D y escaneo 3D

#### 3.8.1. Impresión 3D

Para los resultados de impresión se tuvo que medir los lados de sus ejes X, Y y Z de los objetos experimentados, de donde se obtuvieron medidas de longitud en unidades milimétricas y se hizo una comparación respecto al original para hallar el porcentaje de error que existía en cada eje. La fórmula que se utilizó para hallar el % error está denotada por la ecuación (3.1).

$$\% \text{ Error} = \frac{|V_{STL} - V_F|}{V_{STL}} * 100\% \quad (3.1)$$

#### 3.8.2. Varianza

La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Formalmente se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones.

También se puede calcular como la desviación típica al cuadrado. Dicho sea de paso, entendemos como residuo a la diferencia entre el valor de una variable en un momento y el valor medio de toda la variable.

La unidad de medida de la varianza será siempre la unidad de medida correspondiente a los datos, pero elevada al cuadrado. La varianza siempre es mayor o igual que cero. Al elevarse los residuos al cuadrado es matemáticamente imposible que la varianza salga negativa. Y de esa forma no puede ser menor que cero, la varianza está dada por la ecuación (3.2).

$$\sigma^2 = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (3.2)$$

Donde:

$\sigma^2$ : varianza

$x_i$ : iésima observación

$\bar{x}$ : media de las observaciones

$n$  : número de observaciones presentes

### 3.8.3. Desviación estándar

La desviación estándar es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos alrededor de la media. La desviación estándar de la muestra es igual a la raíz cuadrada de la varianza de la muestra, está dada por la ecuación (3.3).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3.3)$$

Donde:

$\sigma$ : desviación estándar de la muestra

$x_i$ : iésima observación

$\bar{x}$ : media de las observaciones

$n$  : número de observaciones presentes

### 3.8.4. Escaneo 3D

Para el tratamiento de datos de escaneo 3D se tomarán cantidad de vértices y caras de los objetos escaneados, en cada uno de los experimentos, por observación directa se verá la diferencia que existe en cada uno de los datos tomando en cuenta la variable de distancia entre sensor Kinect-objeto.

#### 3.8.4.1. Proporcionalidad directa

La relación entre dos magnitudes es de proporcionalidad directa o, lo que es lo mismo, decimos que dos magnitudes son directamente proporcionales cuando las medidas de sus cantidades vienen dadas por una función lineal:

$$CP = \frac{V}{C} \quad (3.4)$$

Donde:

$V$  ; es la cantidad de vértices

$C$ ; es la cantidad de caras

$CP$ ; es la constante de proporcionalidad.

Se usará la constante de proporcionalidad que existe entre vértices y caras para hallar una constante en donde se podrá comprobar si cumple con la proporcionalidad directa.

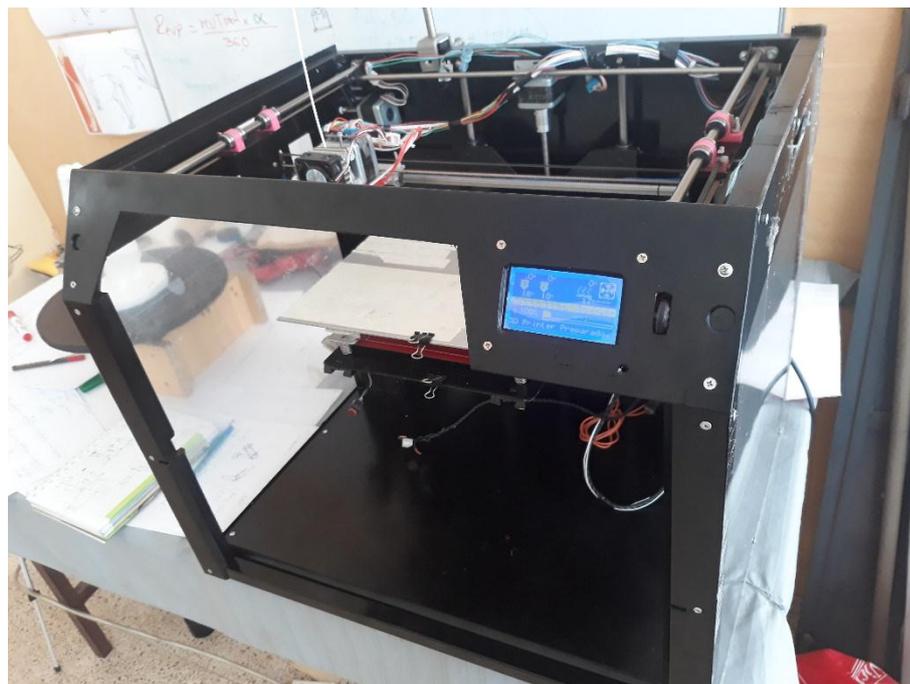
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultado de Implementación de impresora 3D

El proceso de la implementación de la impresora descrita en el capítulo 3 se llegó al resultado mostrado en la Figura 4.1. Se logró implementar una impresora 3D de tipo Makerbot de características y dimensiones mostradas en la Tabla 4.1.

**Figura 4.1. Resultado de implementación de impresora 3D**



Elaborado por el equipo de trabajo

El resultado de implementar la impresora 3D conllevó a distintos campos de estudio ya que tuvo como objetivo principal la implementación de una impresora que sea capaz de imprimir objetos tridimensionales y que esté dispuesto a fabricar prótesis para animal canino menor.

Tabla 4.1 *Características Técnicas de la Impresora*

<b>Características Técnicas</b>	
Tipo de Impresora	Makerbot
Firmware	Marlin
Dimensión de la Impresora (cm)	56x46.5x47
Dimensión del área de impresión (cm)	30x20x25
Pantalla LCD matricial (pixel)	128x64
Comunicación a PC	USB Serial
Material de Construcción	Metal - PVC
Material de Impresión	Filamento PLA - ABS
Diámetro de Filamento (mm)	1.75
Cantidad de Extrusores	1
Fuente de alimentación	220 VAC

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.2. Resultado de Impresión 3D

Para el resultado de impresión 3D y validación de sistema de impresión de objetos según las medidas especificadas en el software de modelamiento y hacer una comparación con las medidas del objeto digital (original) de los ejes, se hará una prueba de error obteniendo el porcentaje de error que está dada por la ecuación (4.1).

$$E_P = \left| \frac{V_T - V_E}{V_T} \right| * 100\% \quad (4.1)$$

Donde:

$E_P$ ; Error Porcentual

$V_T$ ; Valor Teórico (Valor del objeto STL)

$V_E$ ; Valor Experimental (Valor físico obtenido)

#### 4.2.1. Resultados de primer experimento en impresión 3D

En esta experiencia se obtuvo datos mostrados en la Tabla 4.2 donde se ha realizado una comparación de los resultados obtenidos entre las dimensiones de la imagen 3D con el objeto impreso, se obtuvo una diferencia de 0.5mm en el eje x, 0mm en el eje Y y una variación de -0.25mm en el eje Z, las causas de estas diferencias se debe a los movimientos rápidos que causan vibración por la inercia de los ejes, la diferencia del tiempo de impresión calculada por el software es mayor respecto a lo que ha demorado realmente. También se detalla el porcentaje de error en cada uno de los ejes según la ecuación (4.1).

Tabla 4.2 Comparación de valores del experimento 1 en impresión 3D

Parámetros	Valor objeto STL	Valor físico obtenido	% Error
Objeto	Cubo	Cubo	
<b>Dimensiones</b>			
X(mm)	20	19.85	0.75
Y(mm)	20	20	0
Z(mm)	20	20.25	1.25
Tiempo de impresión	3,145s (52m25s)	2,964s (49m24s)	5.75
Funcionamiento a	100%	100%	

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.2.2. Resultados de segundo experimento en impresión 3D

Se ha realizado la impresión del mismo cubo del primer experimento a escala doble, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 4.3. Mostrándose diferencias similares detalladas en la Tabla 4.2 correspondiente al resultado del primer experimento. Asimismo, se muestra el porcentaje de error en los ejes y en el tiempo de impresión del objeto.

Tabla 4.3 Comparación de valores del experimento 2 en impresión 3D

Parámetros	Valor objeto STL	Valor físico obtenido	% Error
Objeto	Cubo	Cubo	
<b>Dimensiones</b>			
X(mm)	40	39.95	0.125
Y(mm)	40	40	0
Z(mm)	40	41.5	3.75
Tiempo de impresión	7,038s (01h57m18s)	6,602s (1h50m02s)	6.19
Funcionamiento a	100%	100%	

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.2.3. Resultados de tercer experimento en impresión 3D

Los resultados de este experimento se detallan en la Tabla 4.4, mostrándose como resultado diferencias en la impresión en los ejes X, Y y Z las medidas de 0.08, 0 y 0.15mm respectivamente y una diferencia de 1m37s en tiempo según a lo estimado en la Tabla 3.3, lo cual se define con el porcentaje de error en cada uno de los ejes y el tiempo de impresión según la ecuación (4.1).

Tabla 4.4 Comparación de valores del experimento 3 en impresión 3D

Parámetros	Valor objeto STL	Valor físico obtenido	% Error
Objeto	Moneda (cilíndrico)	Moneda (cilíndrico)	
<b>Dimensiones</b>			
X(mm)	50	49.92	0.16
Y(mm)	50	50	0
Z(mm)	4	4.15	3.75
Tiempo de impresión(s)	1,239s (0h20m39s)	1,142s (19m2s)	7.83
Funcionamiento a	100%	100%	

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.2.4. Resultados de cuarto experimento en impresión 3D

En este experimento se imprimió un huevo de dragón cuyos resultados se reflejan en la Tabla 4.5. Se pudo obtener resultado preciso y un margen de error de 0.1mm en el eje X y 1.1mm en el eje Z, con respecto al tiempo se sigue manteniendo la ventaja del tiempo en este caso de 4 minutos con respecto a lo estimado, los datos se muestran en Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Comparación de valores del experimento 4 en impresión 3D

Parámetros	Valor objeto STL	Valor físico obtenido	% Error
Objeto	Huevo de dragón	Huevo de dragón	
<b>Dimensiones</b>			
X(mm)	22	21.9	0.45
Y(mm)	22	22	0
Z(mm)	30	28.9	3.67
Tiempo de impresión(s)	4,022s (01h7m02s)	3,782s (1h03m02s)	5.97
Funcionamiento a	100%	100%	

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.2.5. Resultados de quinto experimento en impresión 3D

En este experimento se suscitó la desconexión accidental de los cables del motor de extrusión, causando la falla de impresión y dejando como resultado los valores representados en la Tabla 4.6. Por lo tanto, no se pudo obtener el tiempo de impresión y por ende el error porcentual del mismo.

Tabla 4.6 Comparación de valores del experimento 5 en impresión 3D

Parámetros	Valor objeto STL	Valor físico obtenido	% Error
Objeto	Baby Groot	Baby Groot fallido	
<b>Dimensiones</b>			
X(mm)	80	81.3	1.63
Y(mm)	70	62	11.43
Z(mm)	100	70.1	29.90
Tiempo de impresión(s)	20,942s (05h49m02s)	-	-
Funcionamiento a	100%	100%	

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.2.6. Resultados de sexto experimento en impresión 3D

Se volvió a imprimir el mismo objeto del quinto experimento, obteniéndose los resultados de la Tabla 4.7, considerando que la impresión realizado al 70 % de funcionamiento y teniendo desventaja en el tiempo de impresión de 1h51m3s con respecto al valor del tiempo estimado.

Tabla 4.7 Comparación de valores del experimento 6 en impresión 3D

Parámetros	Valor objeto STL	Valor físico obtenido	% Error
Objeto	Baby Groot	Baby Groot	
<b>Dimensiones</b>			
X(mm)	80	82.5	3.13
Y(mm)	70	71	1.43
Z(mm)	100	99.5	0.50
Tiempo de impresión(s)	20,942s (5h49m2s)	27,605s (07h40m5s)	31.82
Funcionamiento a	100%	70%	

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.2.7. Resultados de séptimo experimento en impresión 3D

En este experimento se imprimió la pata de un canino modelado en 3D descargado de la Web, obteniéndose los resultados de la Tabla 4.8, donde se detallan valores y medidas del objeto 3D, tiempo de impresión estimado y el obtenido según el experimento realizado.

Tabla 4.8 Comparación de valores del experimento 7 en impresión 3D

Parámetros	Valor de objeto STL	Valor físico obtenido	% Error
Objeto	Pata de Canino	Pata de Canino	
<b>Dimensiones</b>			
X(mm)	50	48.9	2.20
Y(mm)	75	74.7	0.40
Z(mm)	175	174.8	0.11
Tiempo de impresión(s)	22,890s (06h21m30s)	21,765s (06h02m45s)	4.91
Funcionamiento a	100%	100%	

Elaborado por el equipo de trabajo

La Figura 4.2 muestra el resultado de impresión 3D de la pata de un canino, dicho objeto comprende la pierna tobillo y pata de un animal canino de 250mm de altura.

**Figura 4.2. Pata de Canino Impreso en 3D**



Elaborado por el equipo de trabajo

### 4.3. Resultado de Implementación de Escáner 3D

Como se mencionó anteriormente el escáner 3D implementado cuenta con etapas como captura de datos tridimensionales, procesamiento y orden de captura a cargo de una computadora personal (laptop) con el software Kscan3D, en la Figura 4.3 se puede observar el sistema completo de escaneo 3D, de la misma forma en la Figura 4.4 se aprecia la plataforma rotatoria para el escaneo 3D, dicha plataforma usa un controlador de pasos y ángulos, en la Figura 4.5 se muestra la placa de control rotatorio del escáner 3D, al mismo a quien la computadora da el orden de giro para ser rotado.

**Figura 4.3. Sistema de Escaneo 3D**



Elaborado por el equipo de trabajo

**Figura 4.4. Plataforma de rotatoria**

Elaborado por el equipo de trabajo

**Figura 4.5. Controlador de Escáner**

Elaborado por el equipo de trabajo

Las características técnicas del escáner se detallan en la Tabla 4.9 que consta de datos como tipo de escáner, firmware instalado, dimensión, pantalla, tipo de conexión con la PC.

Tabla 4.9 *Características técnicas del escáner 3D implementado*

<b>Características Técnicas</b>	
Tipo de escáner	Escáner de Mesa
Firmware	Código fuente (Arduino)
Dimensión de plataforma	Área circular de 300 mm de radio
Dimensión del área de escaneo	Hasta objetos de 280mm de radio
Pantalla LCD (caracteres)	20x4
Comunicación a PC	USB Serial
Material de construcción	Melanina - Aluminio
Fuente de alimentación	12V

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.4. Resultado de Escaneo 3D

El proceso de experimentación en escaneo 3D obtuvo ciertos resultados que se muestran a continuación, el cual cuenta con una cantidad de 11 experimentos de escaneo y en cada uno de ellos se muestran detalles como obtención de caras y vértices obtenidos en los experimentos, de la misma forma las configuraciones que se hizo para cada experimento.

Los 11 experimentos de escaneo se hicieron a un ratón inalámbrico que fue el objeto como tal para escanear y así obtener distintos resultados. El objetivo fue obtener la cantidad de caras y vértices así también para cada caso tomar en cuenta la distancia a la que estuvo siendo realizado experimento.

##### 4.4.1. Resultados del primer experimento de escaneo 3D

El primer experimento de escaneo 3D obtuvo los resultados de la Tabla 4.10 que se hizo a un ratón inalámbrico que se muestra en la Figura 3.3. Estos resultados están en base a la configuración del primer experimento de escaneo 3D mencionados en la Tabla 3.7.

Tabla 4.10 *Resultados del experimento 1 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	<b>Valor obtenido</b>
Relleno de agujeros %	5%
Procesamiento de color	color por vértice
<b>Objeto Terminado</b>	100%
Vértices	23,222
Caras	45,995
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
Objeto escaneado	ratón inalámbrico
<b>Forma final</b>	<b>no tiene forma</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.4.2. Resultados del segundo experimento de escaneo 3D

Los resultados de escaneo del segundo experimento se detallan en la Tabla 4.11 en este experimento se consideró una distancia de 900 mm de distancia entre el sensor y la plataforma.

Tabla 4.11 *Resultados del experimento 2 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	<b>Valor obtenido</b>
Relleno de agujeros %	5%
Procesamiento de color	color por vértice
<b>Objeto Terminado</b>	<b>100%</b>
Vértices	6,975
Caras	13,809
<b>Datos físicos</b>	
Distancia entre sensor y plataforma	900 mm
Objeto escaneado	ratón inalámbrico
<b>Forma final</b>	<b>no tiene forma</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.4.3. Resultados del tercer experimento en escaneo 3D

En esta experiencia los la distancia de escaneo se considera 600 mm obteniendo así un objeto digital con 19,444 vértices y 36,667 caras, y como resultado no tiene forma al original, los datos se muestran en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12 *Resultados del experimento 3 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	<b>Valor obtenido</b>
Relleno de agujeros %	5%
Procesamiento de color	color por vértice
<b>Objeto Terminado</b>	<b>100%</b>
Vértices	19,444
Caras	36,667
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
Objeto escaneado	ratón inalámbrico
<b>Forma final</b>	<b>no tiene forma</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.4.4. Resultados del cuarto experimento en escaneo 3D

Tabla 4.13 *Resultado del experimento 4 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	<b>Valor obtenido</b>
Relleno de agujeros %	5%
Procesamiento de color	color por vértice
Objeto Terminado	100%
Vértices	17,185
Caras	34,227
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
Objeto escaneado	ratón inalámbrico
<b>Forma final</b>	<b>no tiene forma</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

Como resultado en esta experiencia se obtuvo un objeto de 17,185 vértices y 34,227 caras esto se logró a una distancia 600 mm de distancia entre el sensor y el objeto como resultado el objeto digital no es igual al objeto original (ver Tabla 4.13).

#### 4.4.5. Resultados del quinto experimento en escaneo 3D

En este experimento se hizo la prueba en presencia de iluminación dirigida al objeto los resultados de este experimento se detallan en la Tabla 4.14.

Los parámetros para este experimento fueron los mismos que en el primer experimento, pero se realizó en presencia de iluminación, el resultado dio una cantidad menor de vértices y caras, pero fue el que más se aproxima a la forma original del objeto escaneado con el que se concluye que la iluminación ayuda proceso de escaneo.

Tabla 4.14 *Resultados del experimento 5 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	<b>Valor obtenido</b>
Relleno de agujeros %	5%
Procesamiento de color	color por vértice
Objeto Terminado	100%
Vértices	21,229
Caras	40,906
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
Objeto escaneado	ratón inalámbrico
<b>Forma final</b>	<b>Se aproxima</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.4.6. Resultados del sexto experimento en escaneo 3D

En este experimento se obtuvo una cantidad de 21,788 vértices y 43,270 caras a una distancia de 600 mm entre el sensor y el objeto, el objeto escaneado como todos los anteriores es un ratón inalámbrico, el resultado de esta experiencia es que se aproxima al objeto original así como se detalla en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15 *Resultados del experimento 6 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	
Relleno de agujeros %	5%
Procesamiento de color	color por vértice
Objeto Terminado	100%
Vértices	21,788
Caras	43,270
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
<b>Forma final</b>	<b>Se aproxima</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

En la tabla describe resultados a una apertura de 500 mm en el eje Z y un rango de visión de 1000 mm tal y como se muestra en la Tabla 4.16 de configuraciones para escaneo. Y con esto parámetros configurados anteriormente el resultado se aproxima al objeto original.

#### 4.4.7. Resultados del séptimo experimento en escaneo 3D

Tabla 4.16 *Resultados del experimento 7 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	<b>Valor obtenido</b>
Relleno de agujeros %	40%
Procesamiento de color	color por vértice
<b>Objeto Terminado</b>	<b>100%</b>
Vértices	17,533
Caras	53,062
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
Objeto escaneado	ratón inalámbrico
<b>Forma final</b>	<b>Se deforma</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

En esta experiencia el objeto en formato STL se deforma a una configuración de tapado de huecos al 40%.

#### 4.4.8. Resultados del octavo experimento en escaneo 3D

En este experimento se llegó una de los mejores resultados ya que se obtuvo 30,541 vértices y 60,878 caras, cabe mencionar que en este experimento se hizo con un porcentaje de relleno de agujeros de 10% estos y demás datos se muestran en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17 *Resultados del experimento 8 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	<b>Valor obtenido</b>
Relleno de agujeros %	10%
Procesamiento de color	color por vértice
Objeto Terminado	100%
Vértices	30,541
Caras	60,878
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
Objeto escaneado	ratón inalámbrico
<b>Forma final</b>	<b>Se aproxima +</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.4.9. Resultados del noveno experimento en escaneo 3D

El resultado de este experimento fue un objeto con mayor similitud al original contando con una cantidad de vértices de 26,207 y de 52,161 caras además este experimento se hizo a una distancia de 600mm entre el sensor y el objeto a escanearse los demás datos se detallan a continuación en la Tabla 4.18.

Tabla 4.18 *Resultados del experimento 9 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	<b>Valor obtenido</b>
Relleno de agujeros %	10%
Procesamiento de color	color por vértice
Objeto Terminado	100%
Vértices	26,207
Caras	52,161
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
Objeto escaneado	ratón inalámbrico
<b>Forma final</b>	<b>Se aproxima + +</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.4.10. Resultados del décimo experimento en escaneo 3D

Los resultados de este experimento muestra una cantidad de 34,139 vértices y 68,018 caras los demás datos se muestran en la Tabla 4.19.

Tabla 4.19 *Resultados del experimento 10 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	
Relleno de agujeros %	10%
Procesamiento de color	color por vértice
Vértices	34,139
Caras	68,018
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
Objeto escaneado	ratón inalámbrico
<b>Forma final</b>	<b>Se aproxima algo</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.4.11. Resultados del décimo primero experimento en escaneo 3D

También esta fue una de los mejores resultados aproximándose más al objeto original los detalles se muestran en la Tabla 4.20.

Tabla 4.20 *Resultados del experimento 11 en escaneo 3D*

<b>Proceso de finalización</b>	
Relleno de agujeros %	10%
Procesamiento de color	color por vértice
Vértices	26,186
Caras	52,060
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
<b>Forma final</b>	<b>Se aproxima +</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.5. Prueba conjunta de escaneo e impresión 3D

Después de los experimentos realizados de impresión y escaneo 3D, se realizó una prueba conjunta de ambos sistemas. Para tal efecto se hizo el escaneo de la pata impresa en 3D del séptimo experimento en impresión 3D.

##### 4.5.1. Configuración para escaneo 3D en prueba conjunta

En este experimento se hace la cantidad de 25 capturas con un retardo de 2.65 entre escaneo y el tipo de obtención es por nube de puntos más detalles en la Tabla 4.21.

Tabla 4.21 *Asignación de parámetros para prueba conjunta*

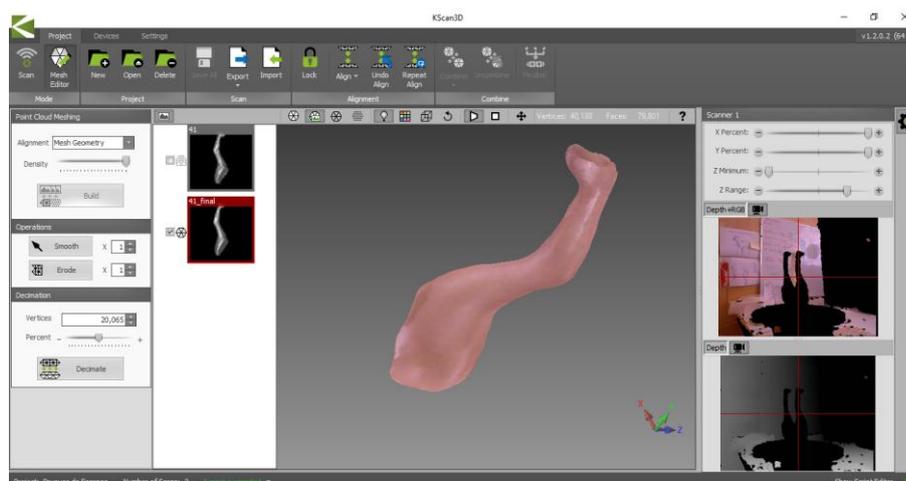
<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
Cantidad de captura	25 unidades
Angulo de giro	14.4 grados
Cantidad de pasos de motor	53.32 pasos
<b>Kscan3D</b>	
Tipo de captura	Nube de puntos
Numero de escaneo	25
Retardo entre escaneo	2.65
Retardo en segundos	0
Alineación	mallá geométrica
Densidad	100%
Apertura de eje X	100%
Apertura de eje Y	100%
Apertura de eje Z	500mm
Rango de visión z	1000mm
<b>Ejecución</b>	
Vértices	81,462
Porcentaje	95%
Objeto Combinado	100%
Vértices	85,750
Caras	159,495

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.5.2. Resultados de escaneo 3D en prueba conjunta

La Figura 4.6 muestra la captura de pantalla en el proceso de escaneo 3D, de la pata impresa en el sexto experimento de impresión 3D, el cual se trata de un modelo en 3D de un animal canino.

**Figura 4.6. Objeto escaneado en 3D**



Elaborado por el equipo de trabajo

En esta experiencia se realizó el escaneo de la pata del canino impreso anteriormente en la experiencia 7 de impresión 3D, los detalles del producto se muestran en la Tabla 4.22.

Tabla 4.22 *Resultados del escaneo 3D de prueba conjunta*

<b>Proceso de finalización</b>	
Relleno de agujeros %	10%
Procesamiento de color	color por vértice
Vértices	70,502
Caras	140,578
<b>Datos físicos</b>	
Distancia sensor y plataforma	600 mm
Objeto escaneado	Pata de canino
<b>Forma final</b>	<b>Se aproxima +</b>

Elaborado por el equipo de trabajo

### 4.5.3. Configuración para experimento de impresión 3D en prueba conjunta

La pata escaneada en 3D anteriormente, se procedió a imprimirla y para tal efecto se usó el software Slicer de donde se obtuvieron los datos mostrados en la Tabla 4.23 los cuales son los valores estimados según dicho software.

Tabla 4.23 *Asignación de parámetros para prueba conjunta*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos Establecidos</b>
Objeto	Pata Escaneada
<b>Dimensiones</b>	
X(mm)	47.5
Y(mm)	67.83
Z(mm)	175.5
Tiempo estimado de impresión	06h43m15s
Cantidad de capas	947
Total de líneas	258874
Filamento necesario	9099

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.5.4. Resultados de impresión 3D en prueba conjunta

El proceso de impresión de la pata escaneada dio como resultado un objeto parecido al original y algunos de sus datos se detallan en la Tabla 4.24, en el caso de las medidas de distintos lados del objeto no se pudo obtener por motivos que se contó con el instrumento adecuado.

Tabla 4.24 *Parámetros de objeto STL vs características del objeto impreso*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor de objeto STL</b>	<b>Valor físico Obtenido</b>
Objeto	Pata escaneada de Canino	Pata escn e impr 3D
<b>Dimensiones</b>		
X(mm)	47.5	46.5
Y(mm)	67.83	67
Z(mm)	175.5	176.5
Funcionamiento a	100%	100%
Tiempo de impresión	06h43m15s	06h06m04s

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.5.5. Diseño del prototipo de prótesis

Se diseñó el prototipo de la prótesis considerando el escaneo de una para amputada el modelo se hizo en el software Autodesk Inventor.

#### 4.5.6. Prueba de hipótesis

##### 4.5.6.1. Comparación de la dimensión de muestras

En este apartado se usó las dimensiones digitales y las físicas para hallar una diferencia de medidas entre ellas y hallar el error =  $x_1, y_1, z_1$

Donde:

$x, y, z$ ; son las dimensiones del objeto digital

$x', y', z'$ ; son las dimensiones del objeto 3D

Tabla 4.25 Dimensiones de experimentos

	$x$	$y$	$z$	$x'$	$y'$	$z'$
Exp1	20	20	20	19.85	20	20.25
Exp2	40	40	40	39.95	40	41.5
Exp3	50	50	4	49.92	50	4.15
Exp4	22	22	30	21	22	28.9
Exp5	80	70	100	81.3	62	70.1
Exp6	80	70	100	82.5	71	99.5
Exp7	50	75	175	48.9	74.7	174.8

Elaborado por el equipo de trabajo

Con estos datos se puede obtener la diferencia de los lados con respecto al original (objeto en STL) para este fin se hará la diferencia de lados entregándonos como resultado los datos mostrados en la Tabla 4.26.

Tabla 4.26 *Diferencia de Dimensión de lados*

	<b>x<sub>1</sub></b>	<b>y<sub>1</sub></b>	<b>z<sub>1</sub></b>
Exp1	0.15	0	-0.25
Exp2	0.05	0	-1.5
Exp3	0.08	0	-0.15
Exp4	1	0	1.1
<b>Exp5</b>	<b>-1.3</b>	<b>8</b>	<b>29.9</b>
Exp6	-2.5	-1	0.5
Exp7	1.1	0.3	0.2

Elaborado por el equipo de trabajo

Posteriormente se hallaron los promedios de cada lado lo cual demuestra la precisión en cada eje; con respecto a los datos de la experiencia 5 en el que se suscitó la desconexión del extrusor, no se consideraron como dato para el promedio por motivos de que no fue completado el objeto y no tiene que ver con la precisión del sistema, en la Tabla 4.27 se detalla dichos datos.

Tabla 4.27 *Promedios por componentes XYZ*

$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\bar{z}$
-0.02	-0.12	-0.02

Elaborado por el equipo de trabajo

Luego hallamos la media de cada uno de los lados como se detalla en la Tabla 4.28 y la Tabla 4.29.

Tabla 4.28 *Media de la Muestra*

$x_1 - \bar{x}$	$y_1 - \bar{y}$	$z_1 - \bar{z}$
0.17	0.12	-0.23
0.07	0.12	-1.48
0.10	0.12	-0.13
1.02	0.12	1.12
-1.28	8.12	29.92
-2.48	-0.88	0.52
1.12	0.42	0.22

Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 4.29 *Datos obtenidos para lados XYZ*

$(x_1 - \bar{x})^2$	$(y_1 - \bar{y})^2$	$(z_1 - \bar{z})^2$
0.029	0.014	0.054
0.005	0.014	2.200
0.010	0.014	0.018
1.040	0.014	1.247
1.638	65.880	895.007
6.150	0.780	0.267
1.254	0.174	0.047

Elaborado por el equipo de trabajo

Paso seguido con los datos obtenidos anteriormente se halla la varianza de cada uno de los lados como detalla en la Tabla 4.30.

$$\sigma_x^2 = \frac{\Sigma(x_1 - \bar{x})^2}{n} \tag{4.2}$$

Tabla 4.30 *Varianza de lados*

$\sigma_x^2$	$\sigma_y^2$	$\sigma_z^2$
1.4148	0.1681	0.6389

Elaborado por el equipo de trabajo

En la Tabla 4.31 se muestra la desviación estándar de cada uno de los lados XYZ.

Tabla 4.31 *Desviación estándar de lados*

$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$
1.1895	0.4099	0.7993

Elaborado por el equipo de trabajo

Por lo que:

$$S_{total}^2 = \frac{S_x + S_y + S_z}{3} \quad (4.3)$$

la varianza promedio de los tres ejes XYZ es  $S_{total}^2 = 0.74$  Lo que significa que la variación promedio de los 3 ejes es de 0.74mm.

#### 4.5.6.2. Descripción de los datos de escaneo 3D

Los datos obtenidos en los experimentos antes mencionados, se muestran en la Tabla 4.32. En donde se detallan datos de cada uno de los experimentos realizados según variables de distancia entre el sensor-objeto y el porcentaje de relleno de huecos en el proceso de reconstrucción proporcionados por el programa Kscan3D.

Tabla 4.32 *Datos de vértices y caras para cada uno de experimentos*

	<b>Distancia (mm)</b>	<b>% Relleno</b>	<b>Vértices</b>	<b>Caras</b>
<b>Exp1</b>	600	5	23,222	45,995
<b>Exp2</b>	900	5	6,975	13,809
<b>Exp3</b>	600	5	19,444	36,667
<b>Exp4</b>	600	5	17,185	34,227
<b>Exp5</b>	600	5	21,229	40,906
<b>Exp6</b>	600	5	21,788	43,270
<b>Exp7</b>	600	40	17,533	53,062
<b>Exp8</b>	600	10	30,541	60,878
<b>Exp9</b>	600	10	26,207	52,161
<b>Exp10</b>	600	10	34,139	68,018
<b>Exp11</b>	600	10	26,186	52,060

Elaborado por el equipo de trabajo

Cabe indicar que la diferencia que muestran los datos en cuanto a cantidad de vértices y caras existe por una variación considerable tomando como referencia la distancia entre el sensor y el objeto entre 600mm y 900mm de distancia.

Posterior a ello realizando una operación de relación entre la cantidad de vértices y caras se obtiene una constante de relación usando la ecuación (4.4)

$$CP = \frac{V}{C} \quad (4.4)$$

Donde:

$CP$ ; Constante de Relación

$V$ ; Cantidad de Vértices

$C$ ; Cantidad de Caras

Tabla 4.33 *Relación entre vértices y caras*

<b>EXPERIMENTO</b>	<b>CP</b>
<b>Exp1</b>	0.5049
<b>Exp2</b>	0.5051
<b>Exp3</b>	0.5303
<b>Exp4</b>	0.5021
<b>Exp5</b>	0.5190
<b>Exp6</b>	0.5035
<b>Exp7</b>	0.3304
<b>Exp8</b>	0.5017
<b>Exp9</b>	0.5024
<b>Exp10</b>	0.5019
<b>Exp11</b>	0.5030

Elaborado por el equipo de trabajo

En la Tabla 4.33 se observa que la relación de vértices y caras tiene una constante de proporcionalidad de 0.5 en cada uno de los experimentos, a excepción del experimento 7 que tiene una constante de 0.3 esto es debido a que en la etapa de procesamiento del objeto se aplicó el relleno de huecos al 40% tal como se detalla en la Tabla 4.32.

## CONCLUSIONES

**PRIMERO:** Se logró la implementación de una impresora 3D, y un escáner tridimensional con los que se pudo fabricar un prototipo de prótesis referido para animales caninos menores de la ciudad de Puno que cuenten con problemas de movilidad.

**SEGUNDO:** Se consiguió la implementación de una impresora 3D de modelo Makerbot usando código libre y con materiales reciclados. la impresora tiene la capacidad de funcionamiento con comunicación serial y por una tarjeta SD en donde se almacena el archivo en código G, la misma cuenta con un área de impresión total de 300x200x250mm;

**TERCERO:** Se logró la fabricación de objetos en la impresora implementada con una variación de sus lados de 0.74mm con referencia al objeto digital, y un tiempo de impresión favorable con respecto a lo previsto en software.

**CUARTO:** Se diseñó e implementó un sistema de escaneo 3D haciendo uso del sensor Kinect de consola de videojuego y con materiales reciclados.

**QUINTO:** Se logró el escaneo tridimensional de objetos físicos en el escáner 3D implementado y se obtuvo el archivo en formato digital STL. Con una similitud considerable, esto logrando la calibración exacta de parámetros de configuración en el software y considerando parámetros físicos, datos con los que, para futuras investigaciones en el tema, se logre la integración completa del sistema.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** Es necesario definir las dimensiones del área de impresión para implementar la impresora dependiendo a ella, para lo cual es recomendable definir para que tipo o tamaño de canino será implementada la impresora.

**SEGUNDO:** Los acabados en la impresión 3D tienen mucho que ver con la velocidad a la que se imprime, se recomienda configurar valores de impresión para cada tipo de objeto, considerando también la velocidad de impresión en función al objeto que se puede definir en la pantalla de interacción, para objeto con formas curvas o irregulares se recomienda usar una velocidad menor a la capacidad de la impresora, para no tener problemas de adherencia entre capas.

**TERCERO:** Para obtener movimiento controlado, ángulo de giro y velocidad moderada se recomienda desarrollar una fórmula considerando los parámetros necesarios a fin de que no afecten en la etapa de escaneo, para evitar movimiento del objeto a escanearse usar técnicas de suavizado de movimiento esto en la programación del microcontrolador. Para cubrir la visión completa del objeto y evitar los puntos ciegos se recomienda un movimiento vertical del sensor Kinect.

**CUARTO:** Al aplicar filtro o suavizado de detalles en la etapa reconstrucción-escaneo 3D se pierden datos por lo que es recomendable usar de 5 a 15 % o no usarlos, en su lugar ubicar la cámara en una distancia que va de 600 a 750mm.

**QUINTO:** Para lograr un sistema completo de escaneo, modelamiento e impresión de prótesis para animal canino, es recomendable investigar de manera Multidisciplinaria comprendido de investigadores de veterinaria, mecánica, electrónica y afines.

## REFERENCIAS

- 3D Store Suiza*. (2016). Obtenido de 3D Store Web Site : <https://www.3dware.ch/E3D-v6-Nozzle-Brass---1.75mm-0.40mm-En.htm>
- Afel* . (2 de Noviembre de 2018). Obtenido de Sitio Web Oficial de Afel: <https://afel.cl/producto/varilla-rosca-8mm-x-500mm-con-rosca-tornillo-guia/?v=3acf83834396>
- All3DP GmbH*. (15 de Octubre de 2018). Obtenido de Sitio Web Oficial All3DP GmbH: <https://all3dp.com/es/1/tipos-de-impresoras-3d-tecnologia-de-impresion-3d/>
- Andrea, L. (2014). El Auge de Prótesis y Tejidos Impresos en 3D.
- Arduino cc* . (25 de Setiembre de 2018). Obtenido de Sitio Web Oficial Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega/>
- Arduino Cl*. (Setiembre de 25 de 2018). Obtenido de MCI Electronics: <https://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- Area Tecnologica*. (2018). Obtenido de Página Web de Area Tecnologica: <http://www.areatecnologia.com/>
- Bernardini, F. &. (2002). The 3D Model Acquisition Pipeline. *Computer Graphics Forum*, 149–172.
- Bigtree - Tech*. (2018). Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/Free-shipping-3D-printer-parts-Makerbot-Replicator-X-axis-slider-metal-Extruder-single-Carriage-fixing-aluminum/32642297995.html>

- Bricogeek*. (08 de Setiembre de 2018). Obtenido de Sitio Web Bricogeek:  
<https://tienda.bricogeek.com/shields-arduino/819-ramps-mega-shield-v14.html>
- Celeste, R. (2014). Como Funciona una Impresora 3d. *Infobae*.
- DHgate*. (2018). Obtenido de <https://es.dhgate.com>
- Diosdado, R. (11 de Octubre de 2018). *Zona Maker*. Obtenido de  
<https://www.zonamaker.com>
- Doctashop*. (30 de Agosto de 2018). Obtenido de Sitio Web Oficial Doctashop:  
<https://www.doctashop.com/computacion/1743-impresora-3d-makerbot-replicator-mini-compact-3d-printer.html>
- García Acevedo, C. A. (2015). *Diseño de una Extrusora para Filamento de Impresión 3D*. Santiago: Universidad de Chile.
- García Robles, M. Á. (2016). *Diseño, Creación y Desarrollo de un Prototipo de Videojuego*. Valencia.
- GP, L. (2018). *D3D Digitalización 3D*. Obtenido de Sitio Web Oficial D3D :  
<https://www.digitalizacion-3d.com/que-es-y-para-que-sirve-un-escaner-3d/>
- Jen, O. (2015). Enabling the future in Brazil with 3D printing.
- Kinect, M. 3. (2015). Trabajo Fin de Grado. (*Tesis de Grado*). Universidad Publica de Navarra, Pamplona.
- Li, H. (2004). Reconstruction Using Structured Light. (*Undergraduate Research Project*). Universität Karlsruhe, Karlsruhe.

- Lobato Carreño, G., Ruano Martín, M., & Márquez Sánchez, S. (11 de Setiembre de 2018). *Educatibot*. Obtenido de Educatibot: <http://educatibot.com/impresion-3d/programas/repetier-host/>
- Muy Mascotas*. (Mayo de 2018). Obtenido de Zinet Media Global: <https://www.muymascotas.es/compromiso-animal/fotos/protesis-para-animales-una-nueva-oportunidad/estrenando-cuatro-patitas>
- Noto, S. (2018). *Kinect 2 Santiago Noto*. Obtenido de Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción: <https://docplayer.es/69676129-Kinect-2-santiago-noto-universidad-catolica-nuestra-senora-de-la-asuncion-asuncion-paraguay.html>
- Orballo Printing*. (01 de noviembre de 2018). Obtenido de <https://orballoprinting.com/es/mecanica/17-rodamiento-lineal-lm8uu.html>
- Pomaska, G. (2013). *Monitoring the Deterioration of Stone at Mindener Museum'S Lapidarium*. Strasbourg: Remote Sensing and Spatial Information Sciences.
- RepRap* . (2016). Obtenido de Sitio Web Oficial de RepRap: <https://reprap.org/wiki/RepRap/es>
- Reyes Solís, J. A., & Jiménez Badillo, D. (19 de Julio de 2018). *MRA Red Mexicana de Arqueología*. Obtenido de Sitio web Oficial MRA : <http://remarq.ning.com/page/tecnicas-para-el-modelado-tridimensional-de-artefactos-arqueologi>
- Rodrigues Júnior, J. L., de Souza Cruz, L. M., & Santos Sarmanho, A. P. (2018). Impresora 3D en el desarrollo de las investigaciones con prótesis. *REVISBRATO*, 398-413.

Romeral P., F. (2014). Flujo de Trabajo en Proyectos de Modelización 3D con Equipos Láser Escaner. (*Tesis de Grado*). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

Russell, J. (28 de Agosto de 2018). *RAMPS 1.4 - RepRap*. Obtenido de Sitio Web oficial de RepRap: [https://reprap.org/wiki/RAMPS\\_1.4](https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)

*Tienda Online Diymania Impresoras 3D*. (30 de Julio de 2018). Obtenido de Sitio Oficial Diymania: <https://diymania.es/home/estructura-prusa-i3-p3steel-201-en-acero>

*Trimaker*. (2016). Obtenido de Blog de Trimaker: <https://trimaker.com/impresion-3d-para-perros-gatos-patos/?fbclid=IwAR1Nb5I1upXiPUC0jOhWJXZgijvsfU6t1GvrhYnVcQ8DeUQNPRy4FsiKxQ>

Ventura, V. (03 de Diciembre de 2014). *Blog Polaridad*. Obtenido de Blog Polaridad.es: <https://polaridad.es/>

# ANEXOS

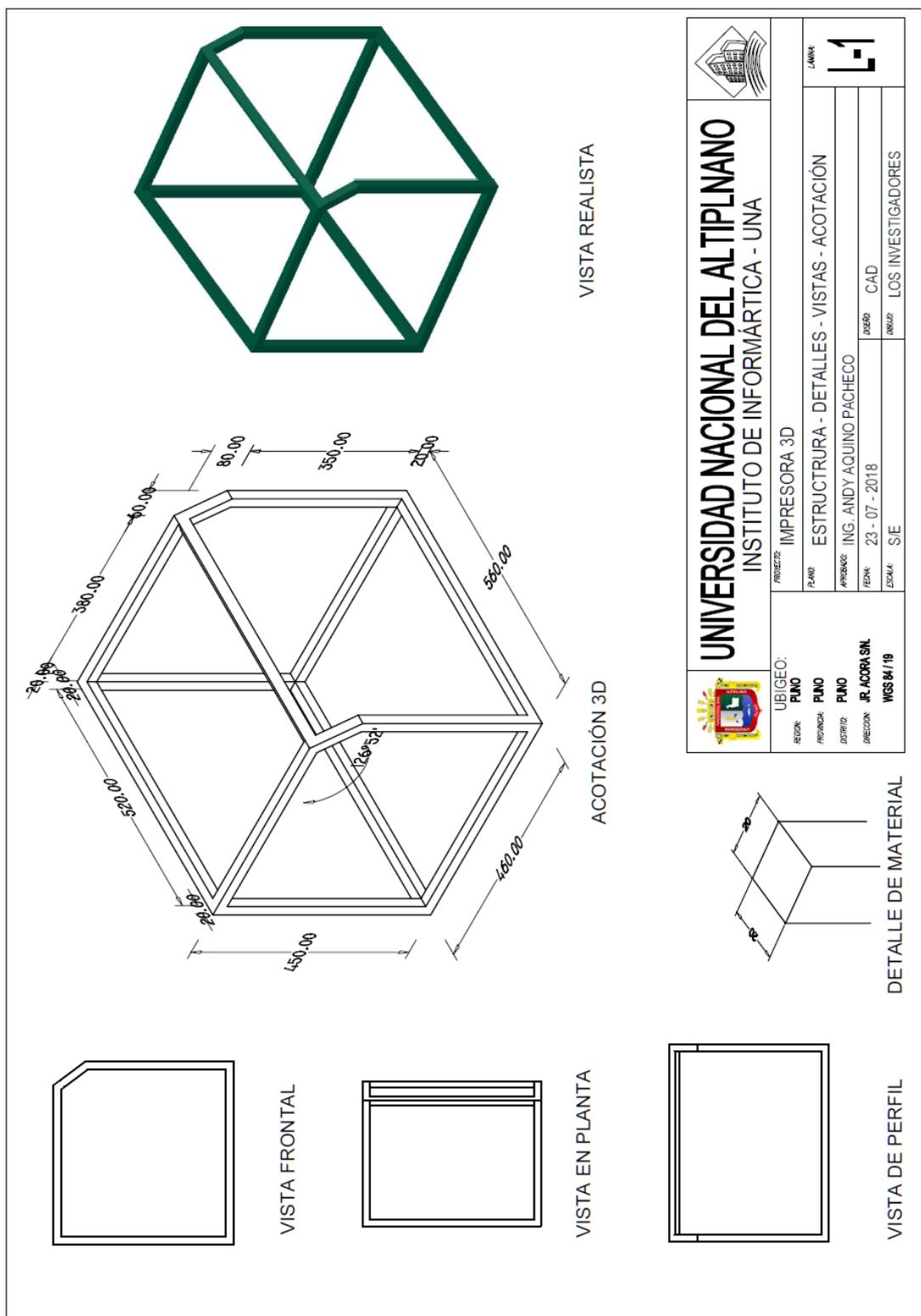
## 1. PLANOS DE IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORA 3D

### Anexo 1.1. Descripción de implementación de impresora 3D

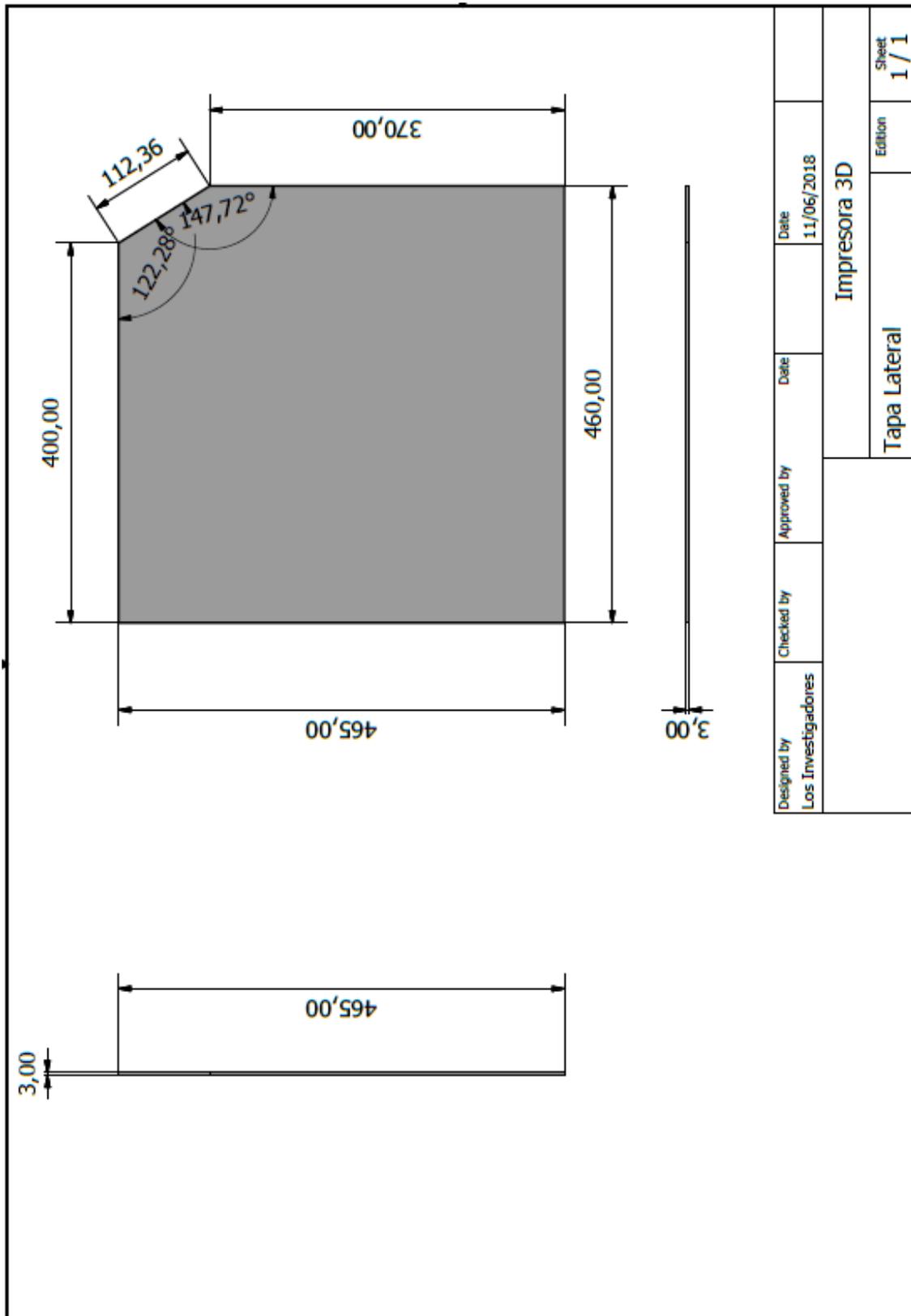
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1		Estructura
2	1		Eje X
3	1		Eje Y
4	1		Eje Z

Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 7/08/2018
Universidad Nacional del Altiplano		Impresora 3D	
Impresora 3D		Edition	Sheet 1 / 36

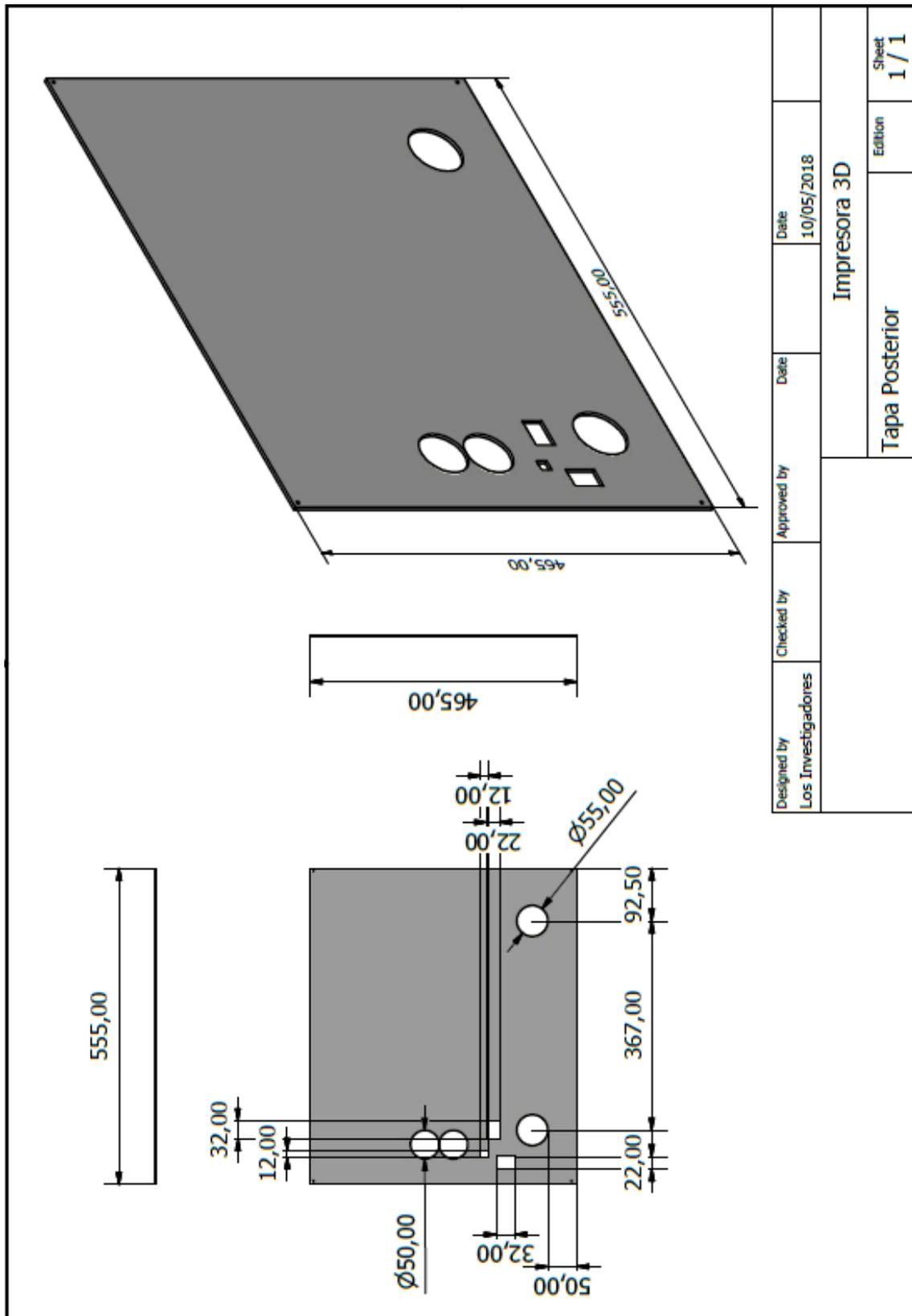
Anexo 1.2. Diseño de estructura principal



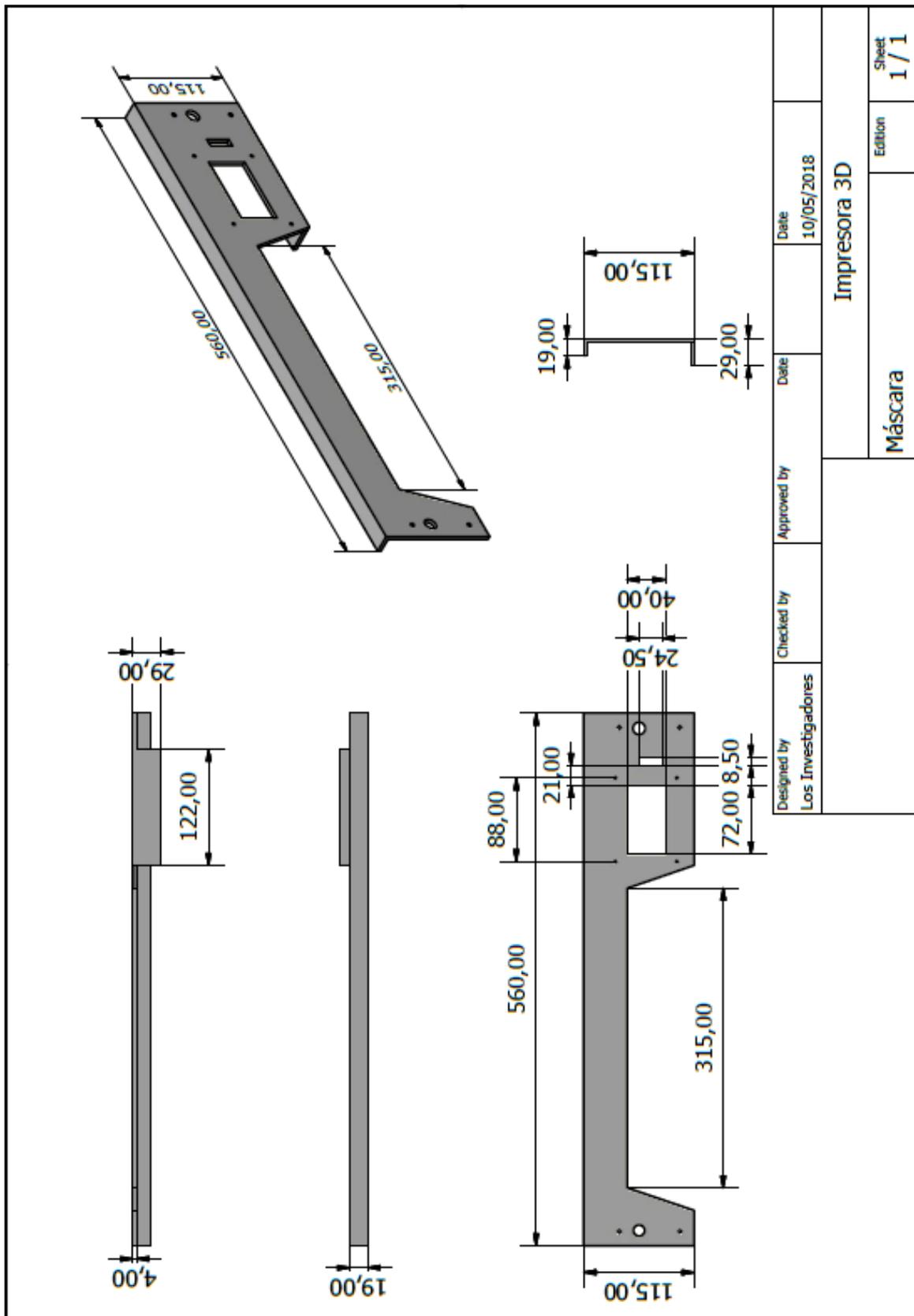
Anexo 1.3. Diseño de láminas de acrílico



Anexo 1.4. Diseño de tapa posterior de impresora



Anexo 1.5. Diseño de mascara de impresora



## 2. DISEÑO DE MECANISMOS DE LOS EJES XY

### Anexo 2.1. Diseño y descripción de partes del eje XY

ITEM	QTY	PARTS LIST PART NUMBER	DESCRIPTION
1	4		mariposas
2	2		rodamiento tensador
3	2		Varilla del Eje Y
4	2		tensador
5	8		rodamientos 8mm
6	4		Acople de rodamiento lineal
7	1		acople para ejes
8	1		Perfiles de Aluminio motor
9	2		Varilla del Eje x
10	1		carro de extrusor1
11	1		Acople Motor eje X
12	1		Motor a pasos
13	2		soporte para varillas
14	1		Engranaje motor 10mm
15	1		Extrusor

Designed by	Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date	7/08/2018
Universidad Nacional del Altiplano			Impresora 3D		
			Impresora 3D		
					Sheet 2 / 36

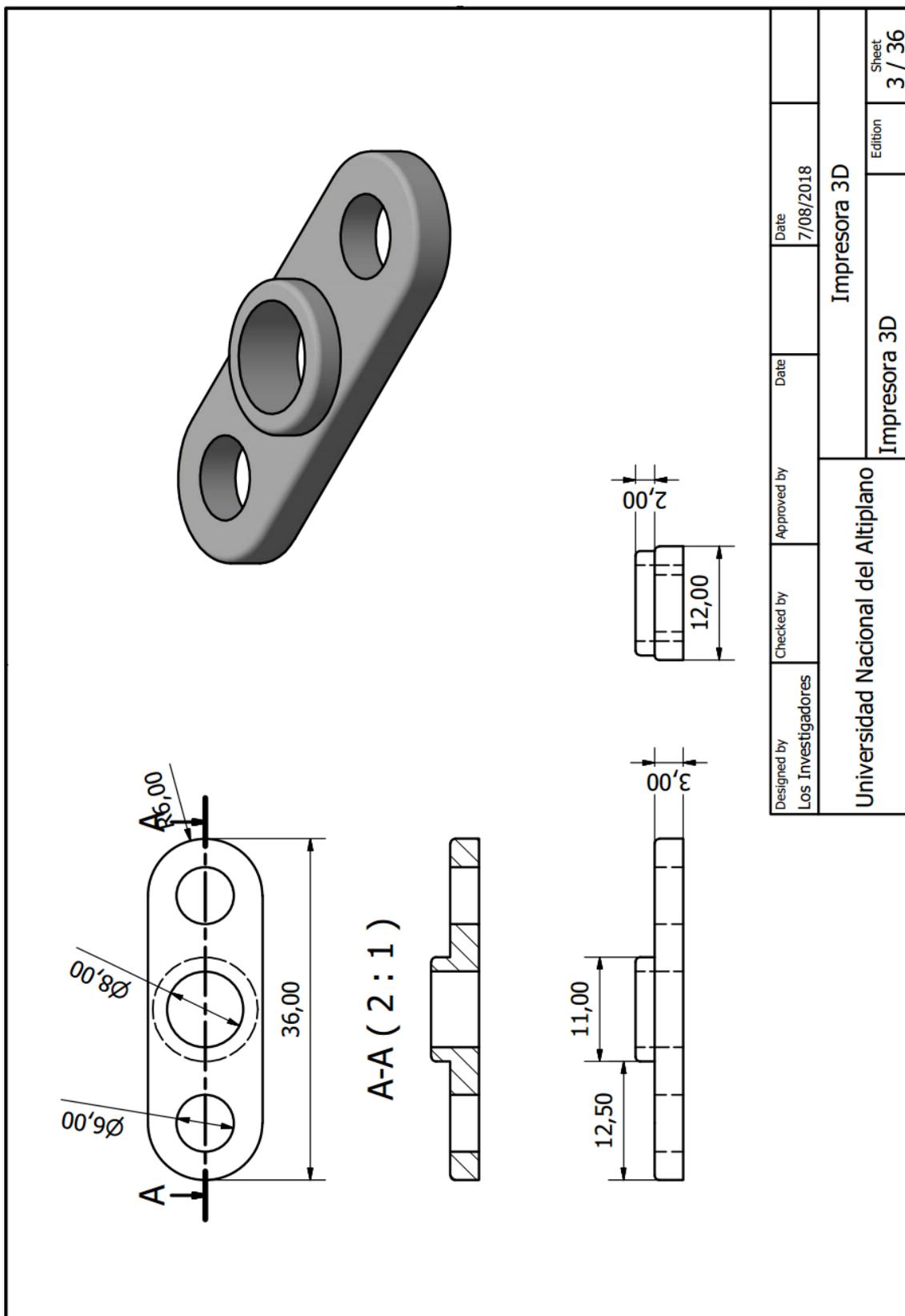
Anexo 2.2. Diseño de las varillas de eje Y

ITEM		QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	4	4	Mariposas	4 unidades
2	2	2	Rodamiento tensor	2 unidades
3	2	2	Varilla del Eje Y	2 unidades
4	2	2	Abrazadera	2 unidades

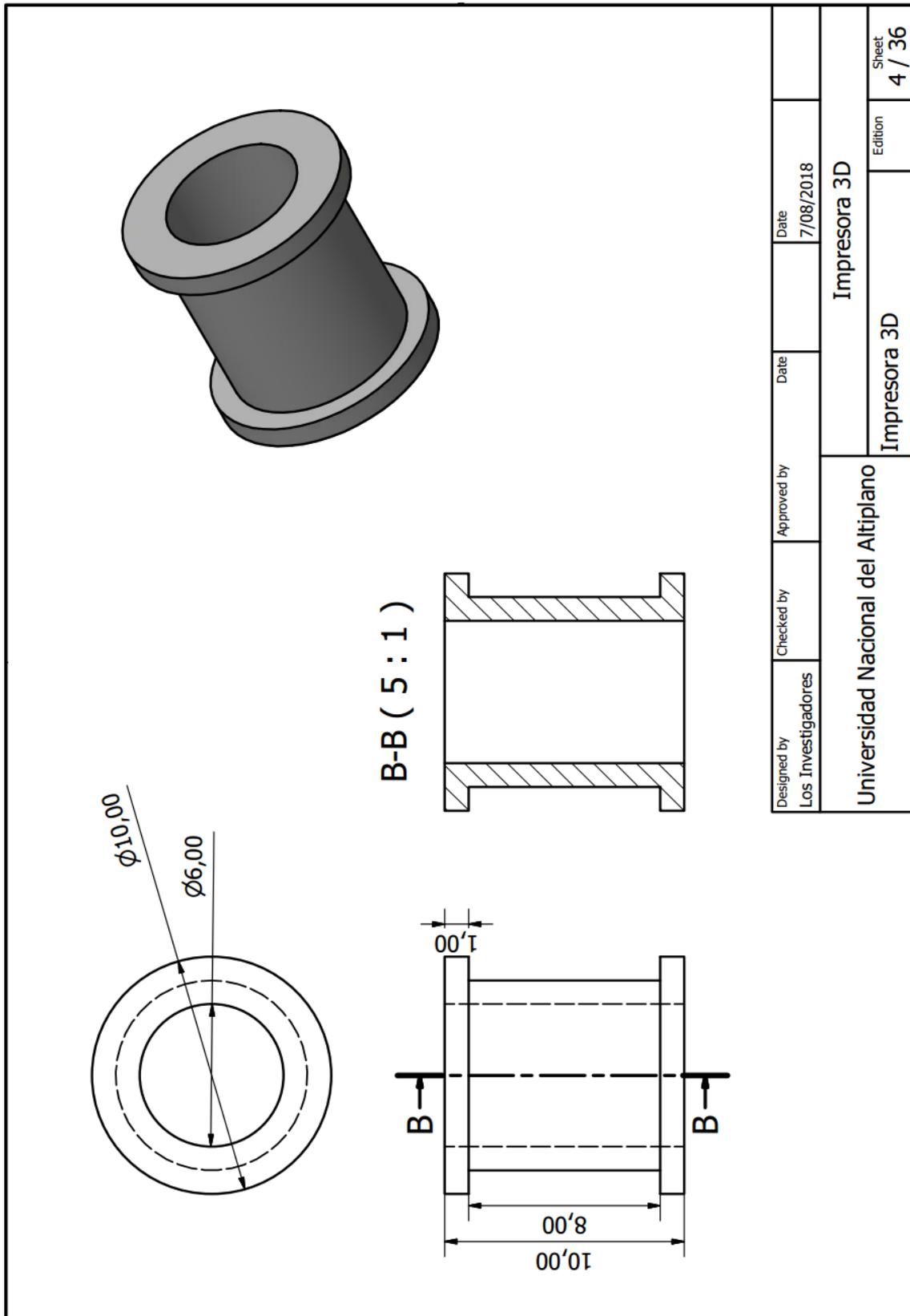
Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 22/06/2018
Impresora 3D			Sheet 1 / 3
Eje Y			Edition

Anexo 2.3. Diseño de mariposa de sujeción de varilla lisa

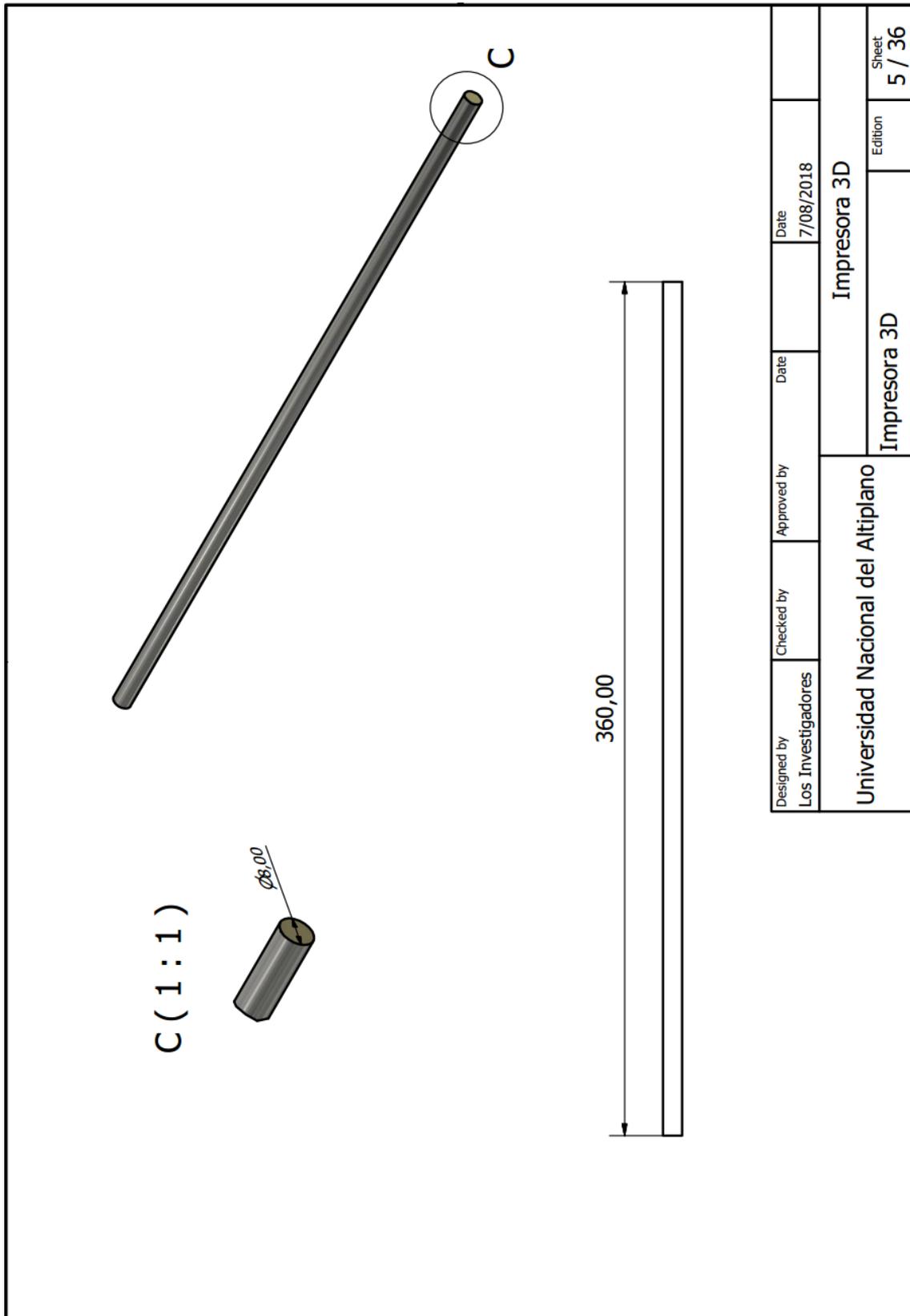


Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 7/08/2018
Universidad Nacional del Altiplano		Impresora 3D	
Impresora 3D		Edition	
		Sheet 3 / 36	

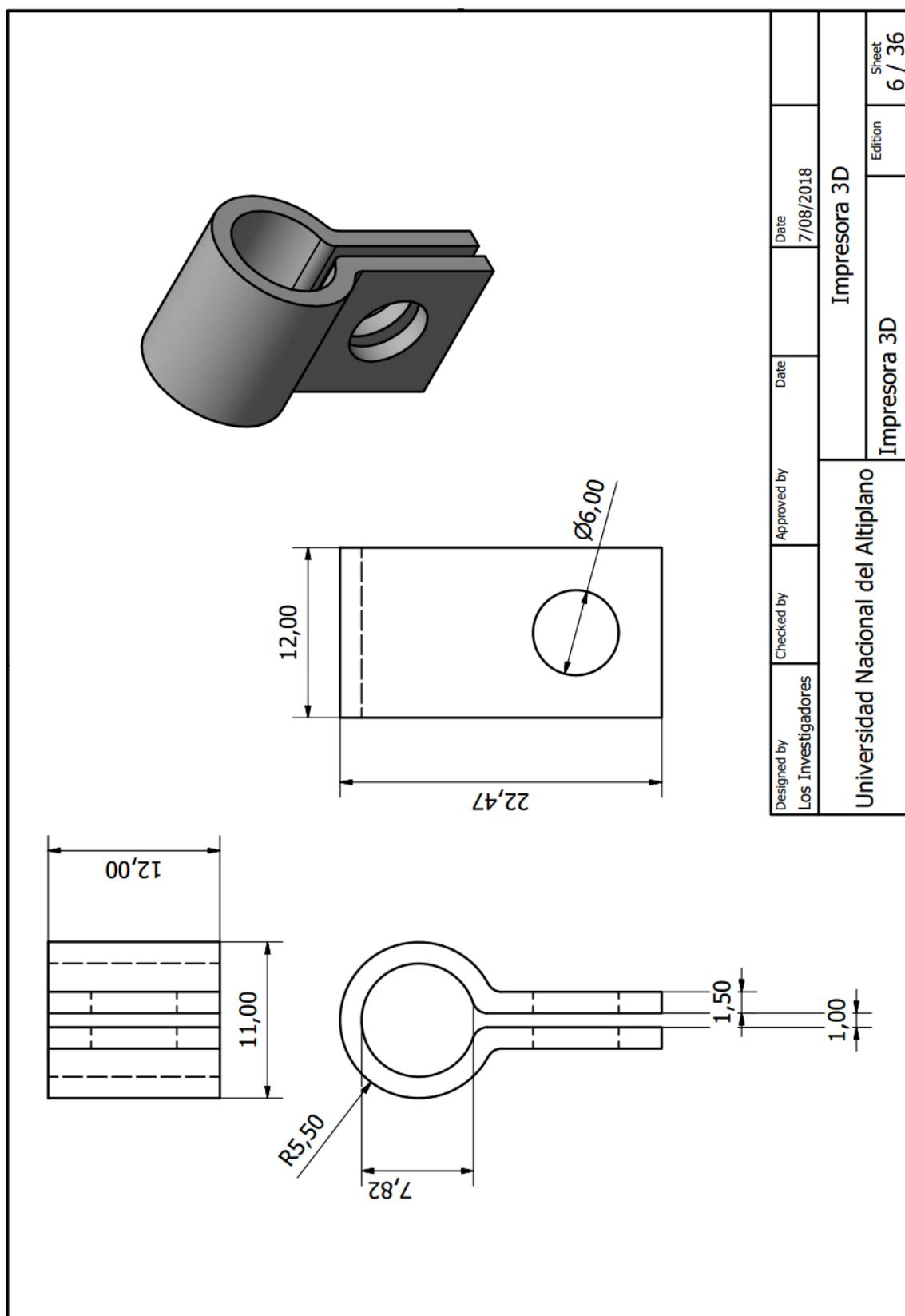
Anexo 2.4. Diseño de polea tensoradora para faja dentada del eje XY



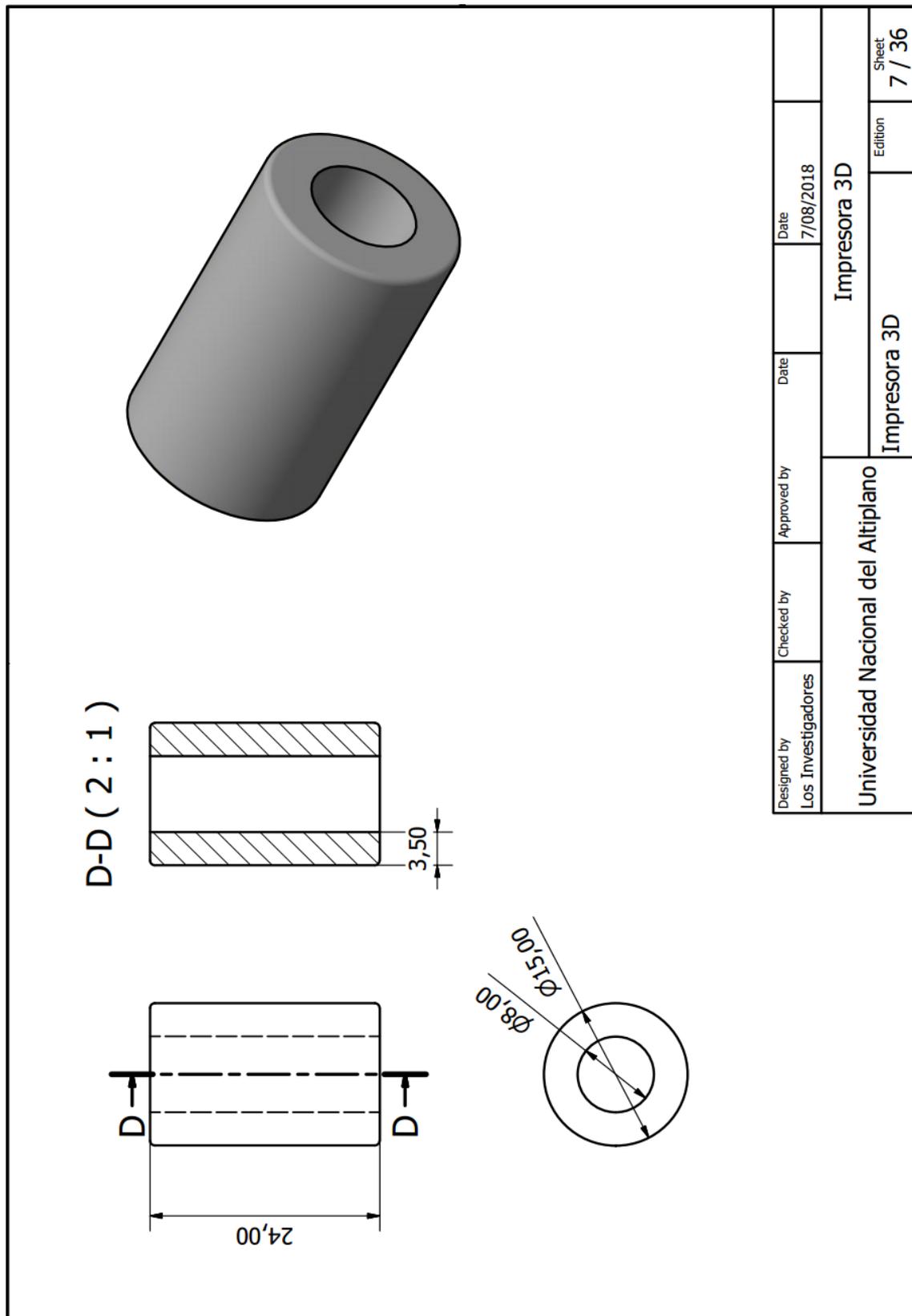
Anexo 2.5. Diseño de varilla lisa del eje Y



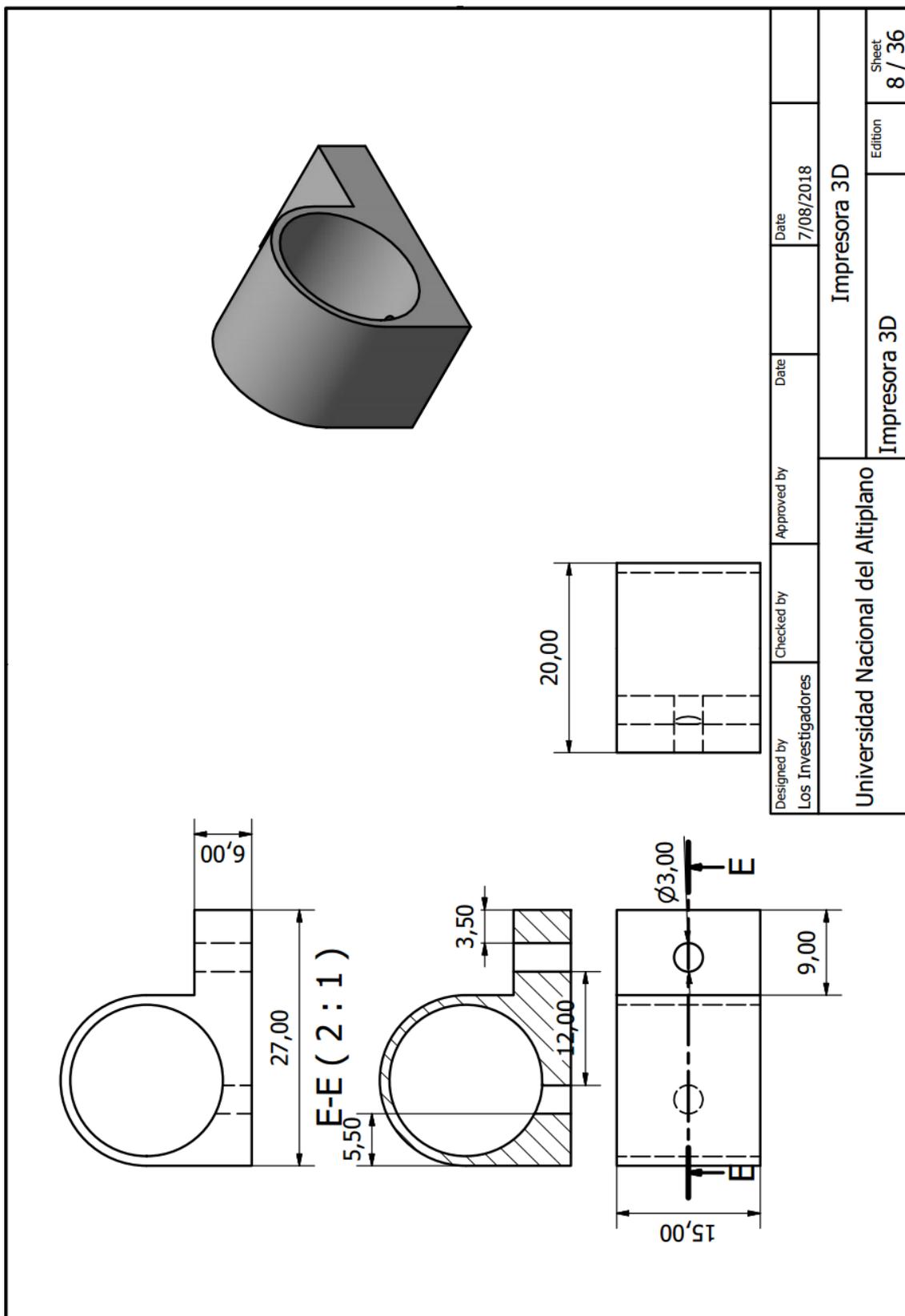
Anexo 2.6. Diseño de abrazadera para sujeción de poleas tensoras del eje Y



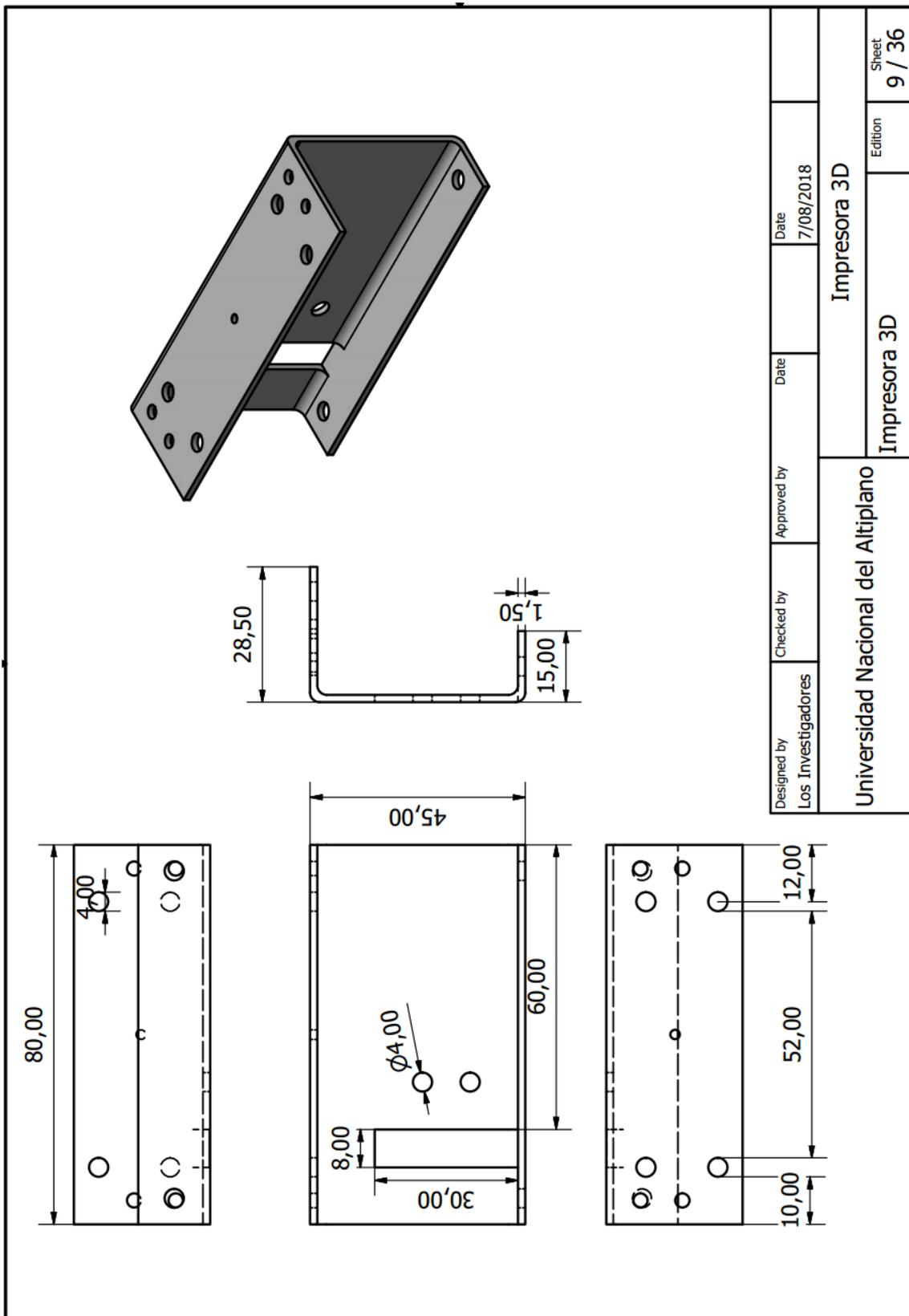
Anexo 2.7. Diseño de rodamiento lineal del eje XY



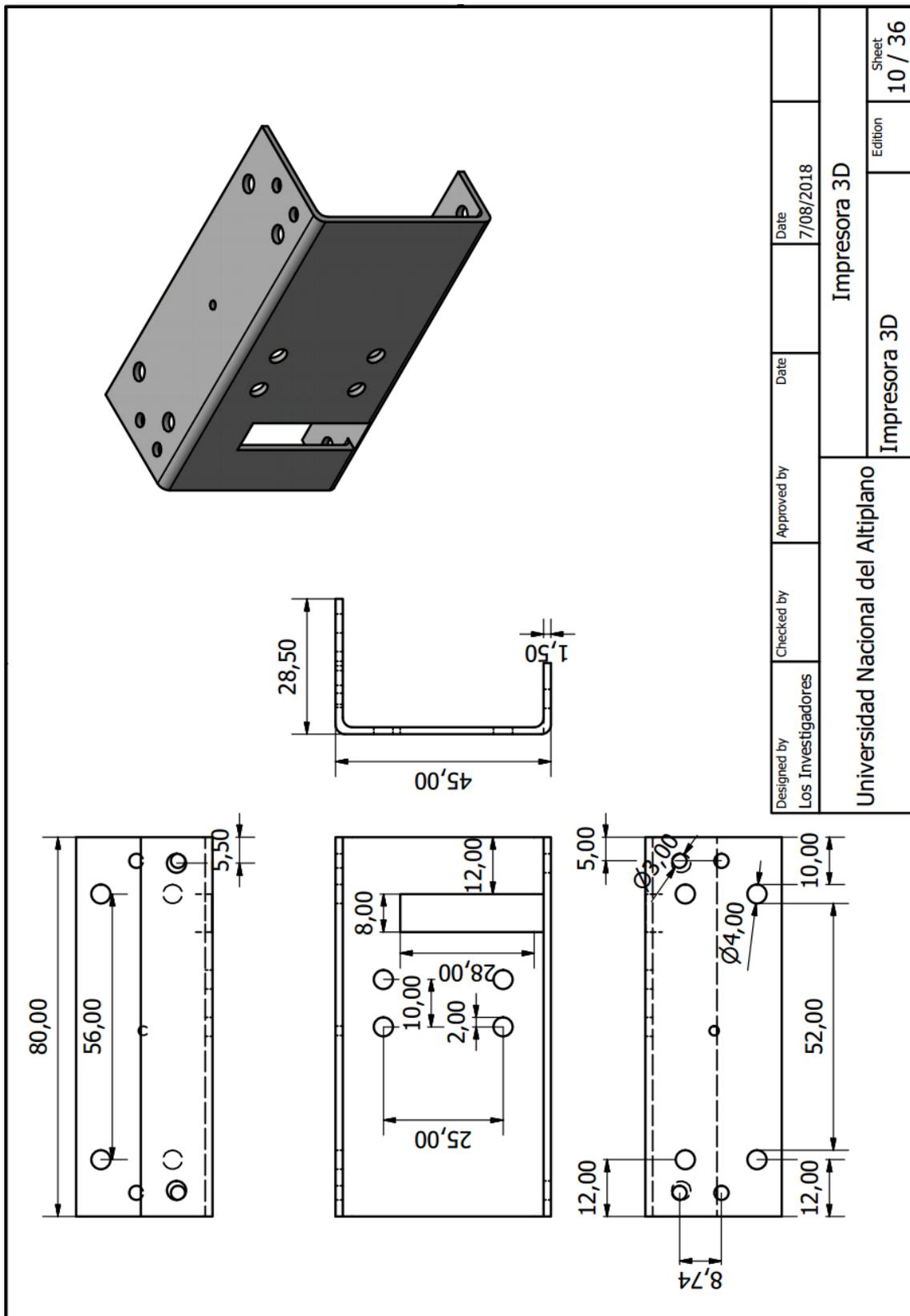
Anexo 2.8. Diseño de soporte de rodamiento lineal del eje Y



Anexo 2.9. Diseño de soporte del eje X lado izquierdo

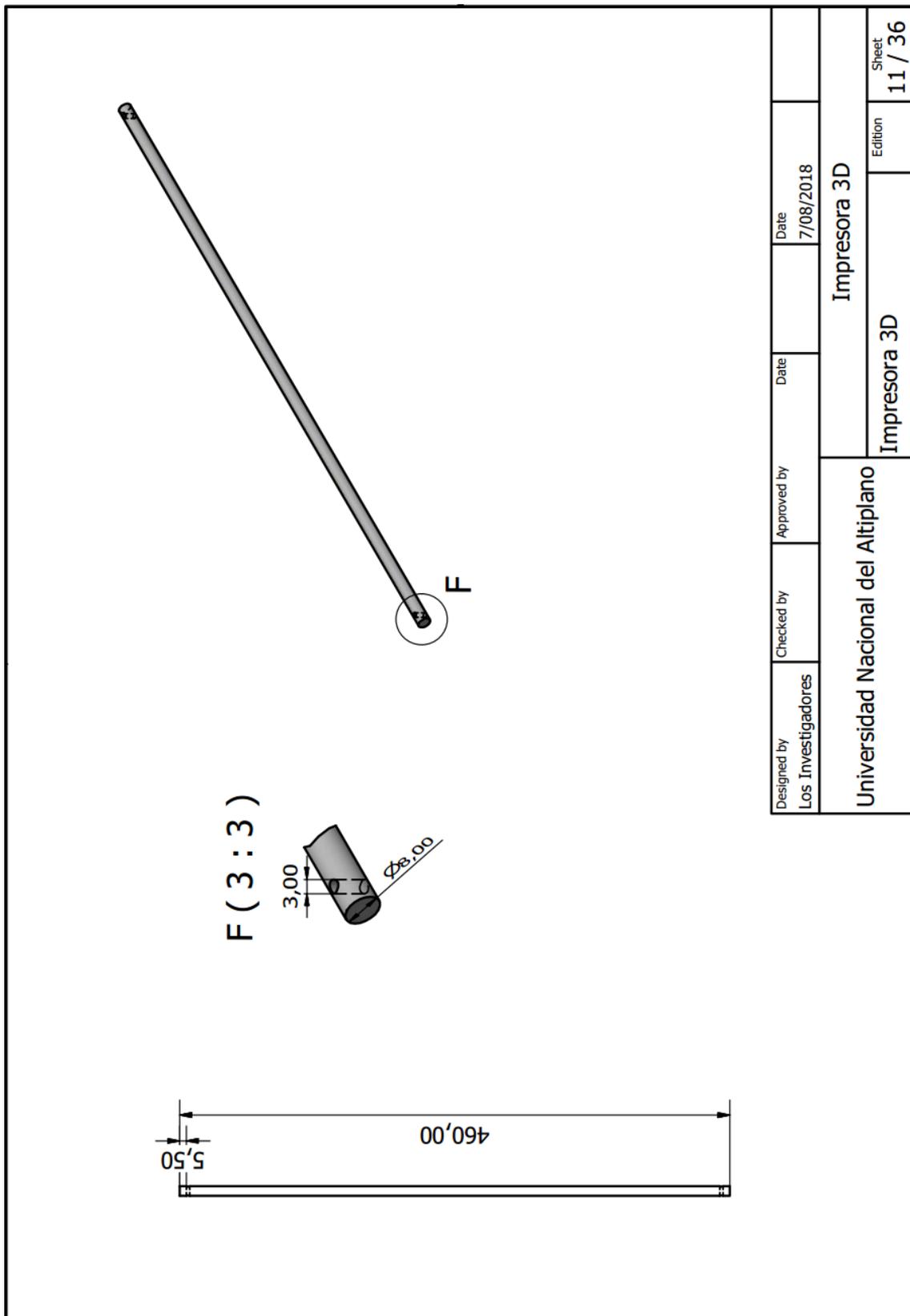


Anexo 2.10. Diseño de soporte del eje X lado derecho



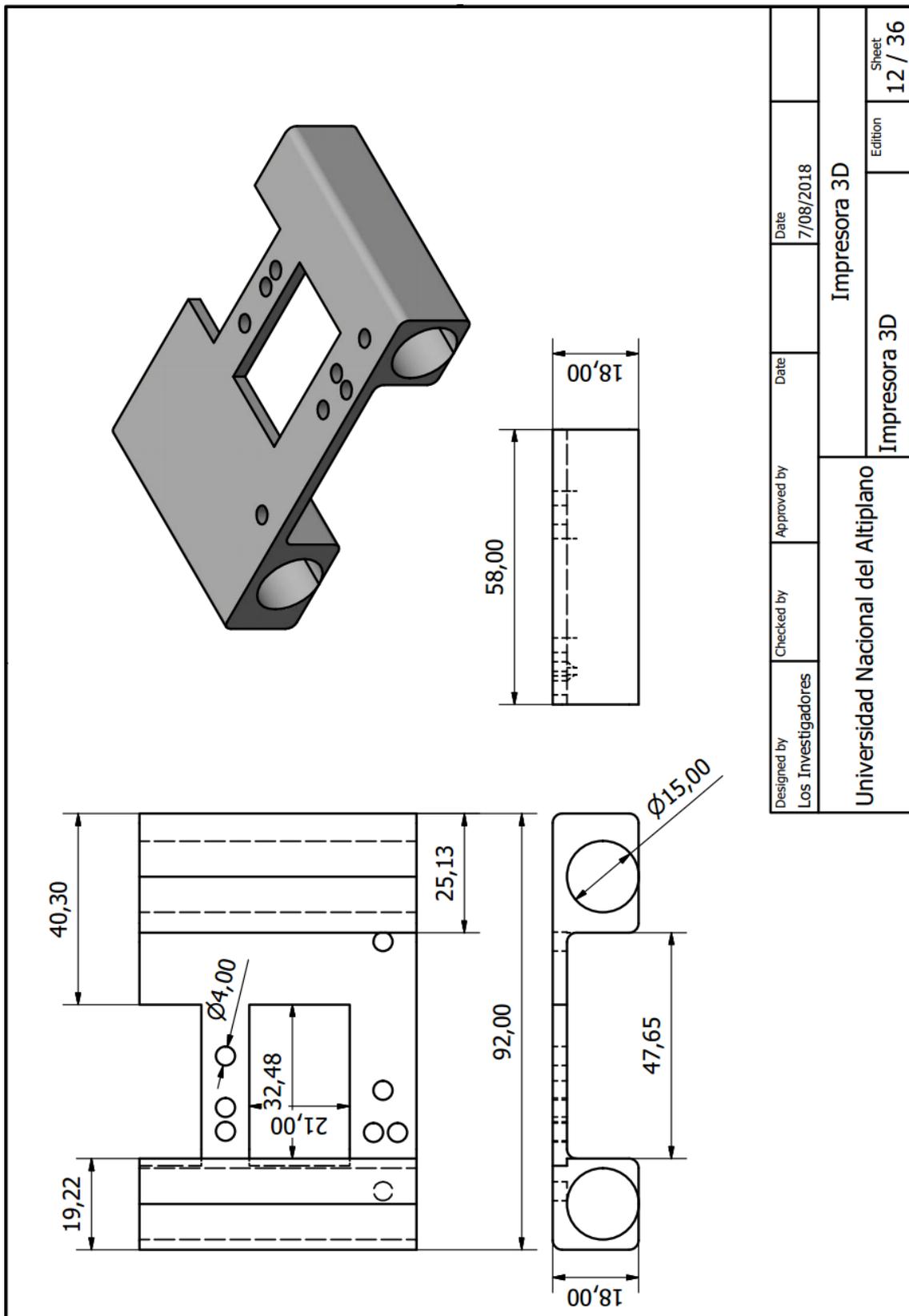
Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 7/08/2018
Universidad Nacional del Altiplano			Impresora 3D
Impresora 3D			Sheet 10 / 36

Anexo 2.11. Diseño de varilla lisa de eje X

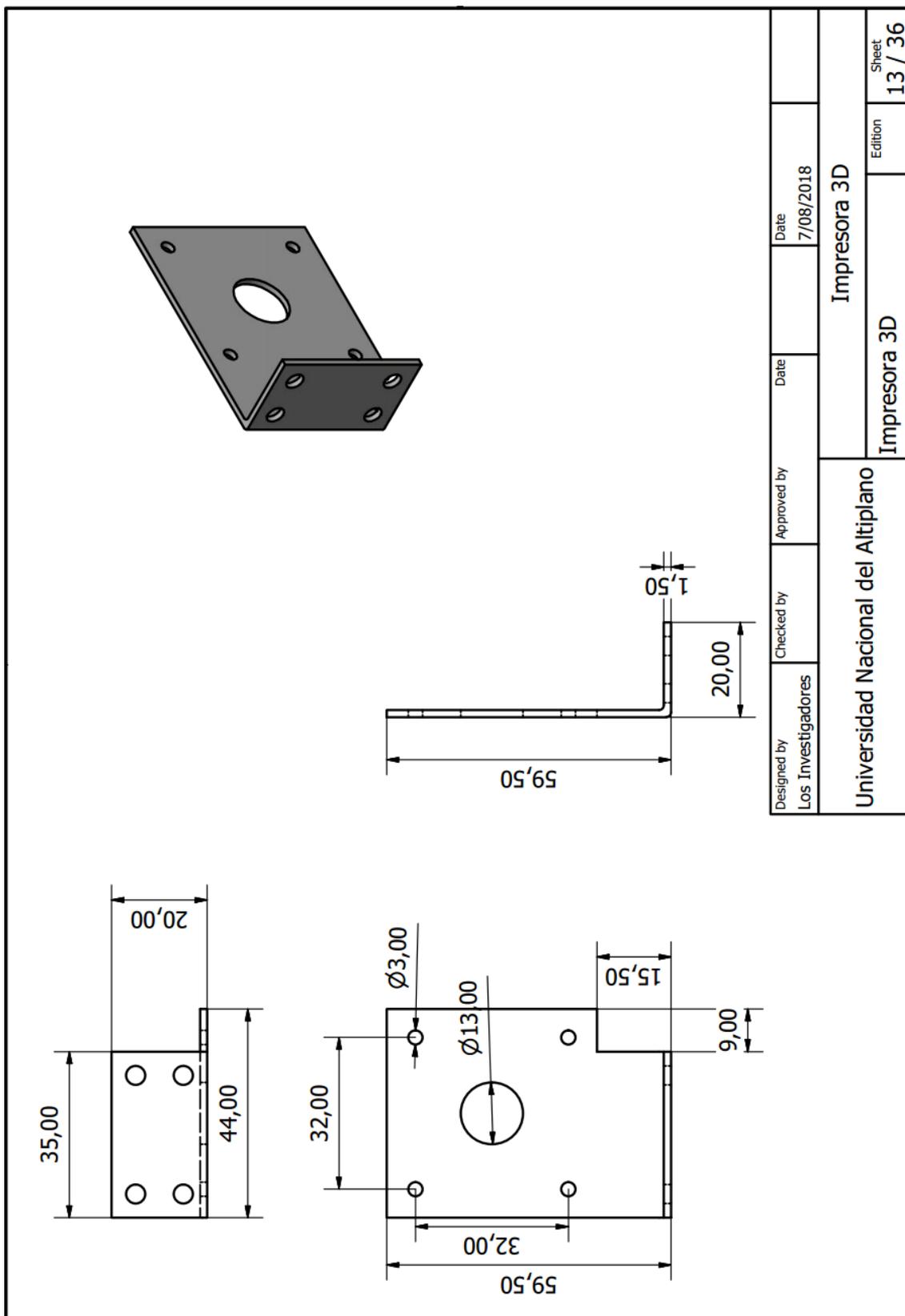


Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 7/08/2018
Universidad Nacional del Altiplano			Impresora 3D
Impresora 3D			Sheet Edition 11 / 36

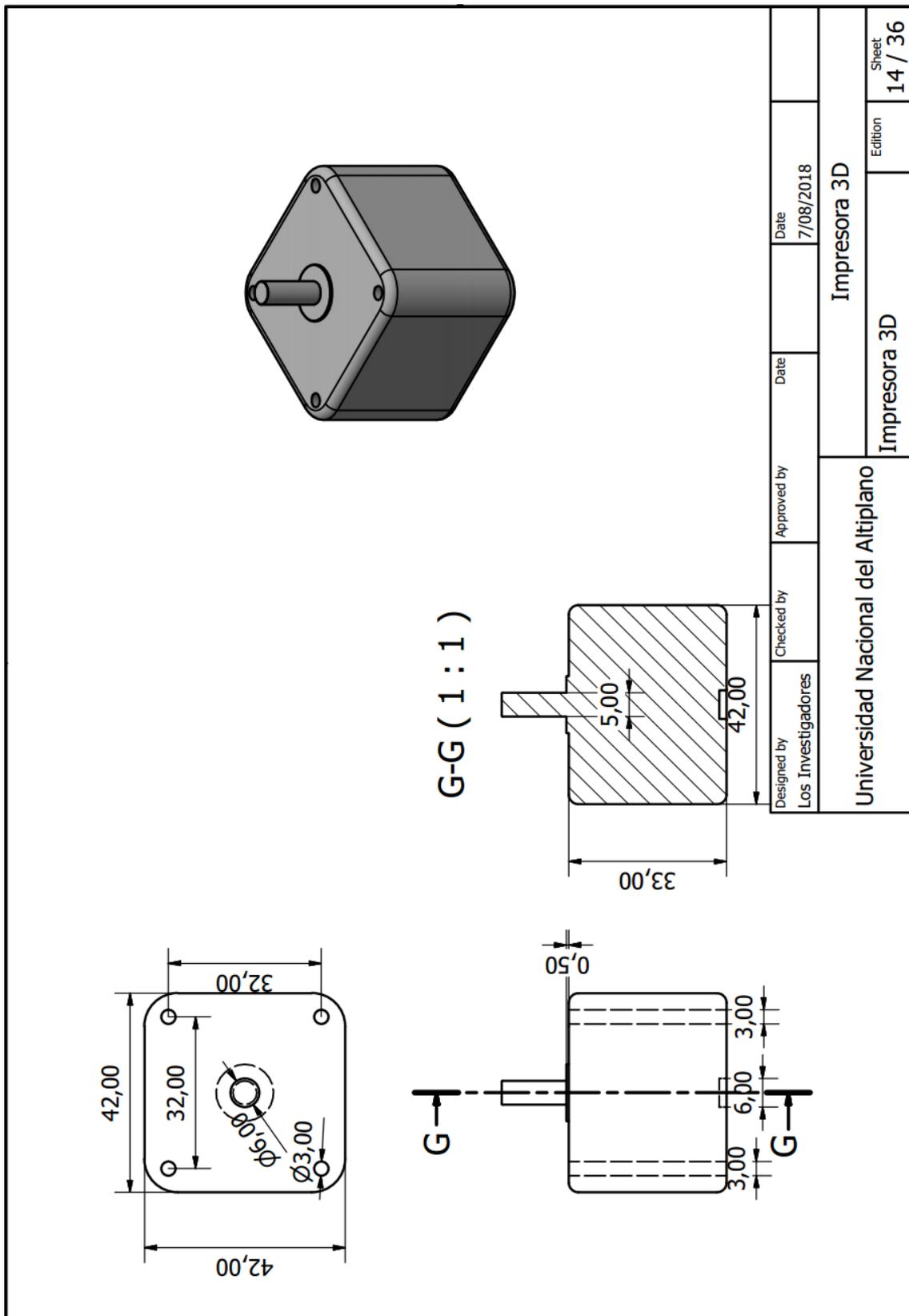
Anexo 2.12. Diseño de carro de extrusor



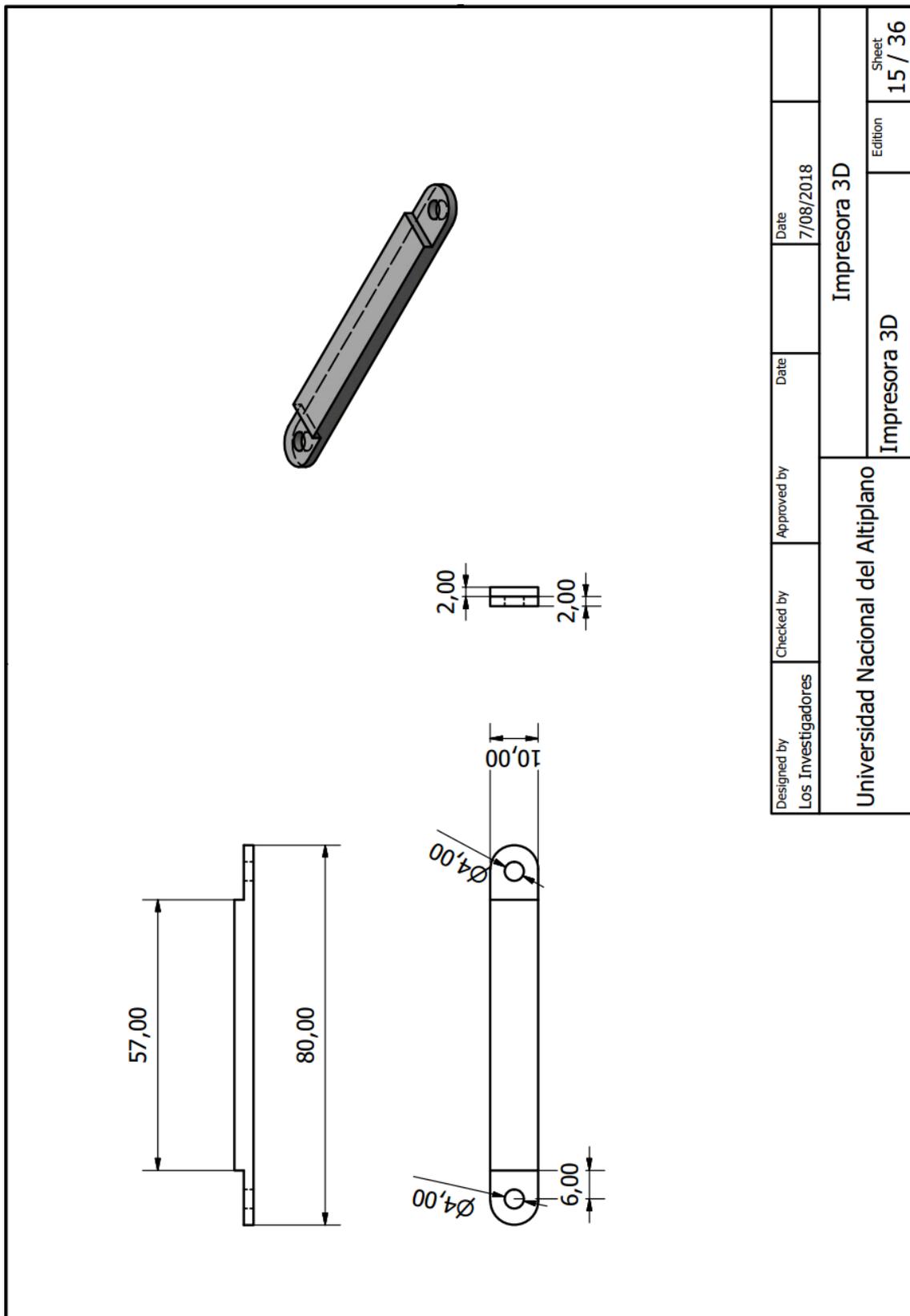
Anexo 2.13. Diseño soporte de motor de eje X



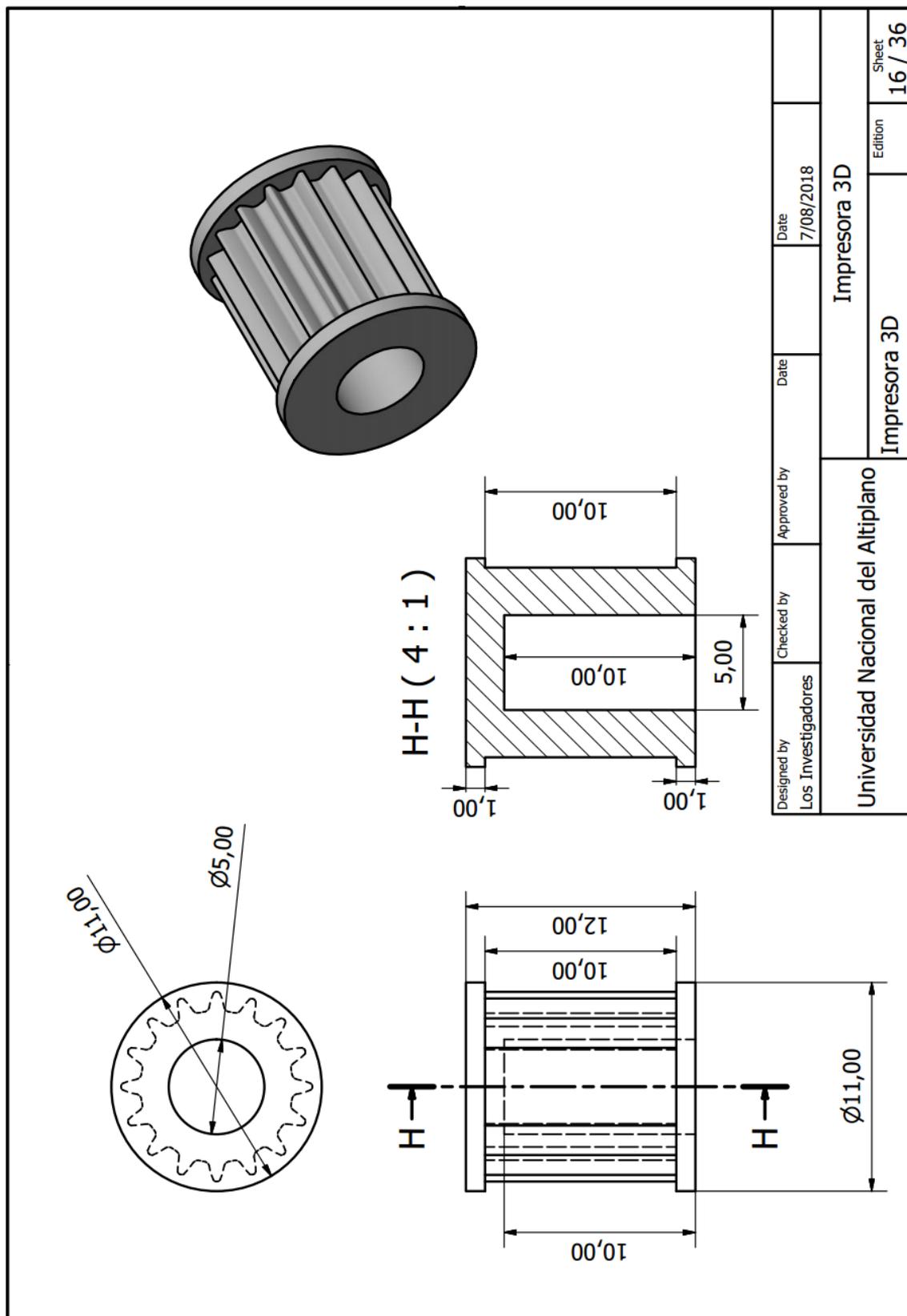
Anexo 2.14. Diseño de motor de pasos



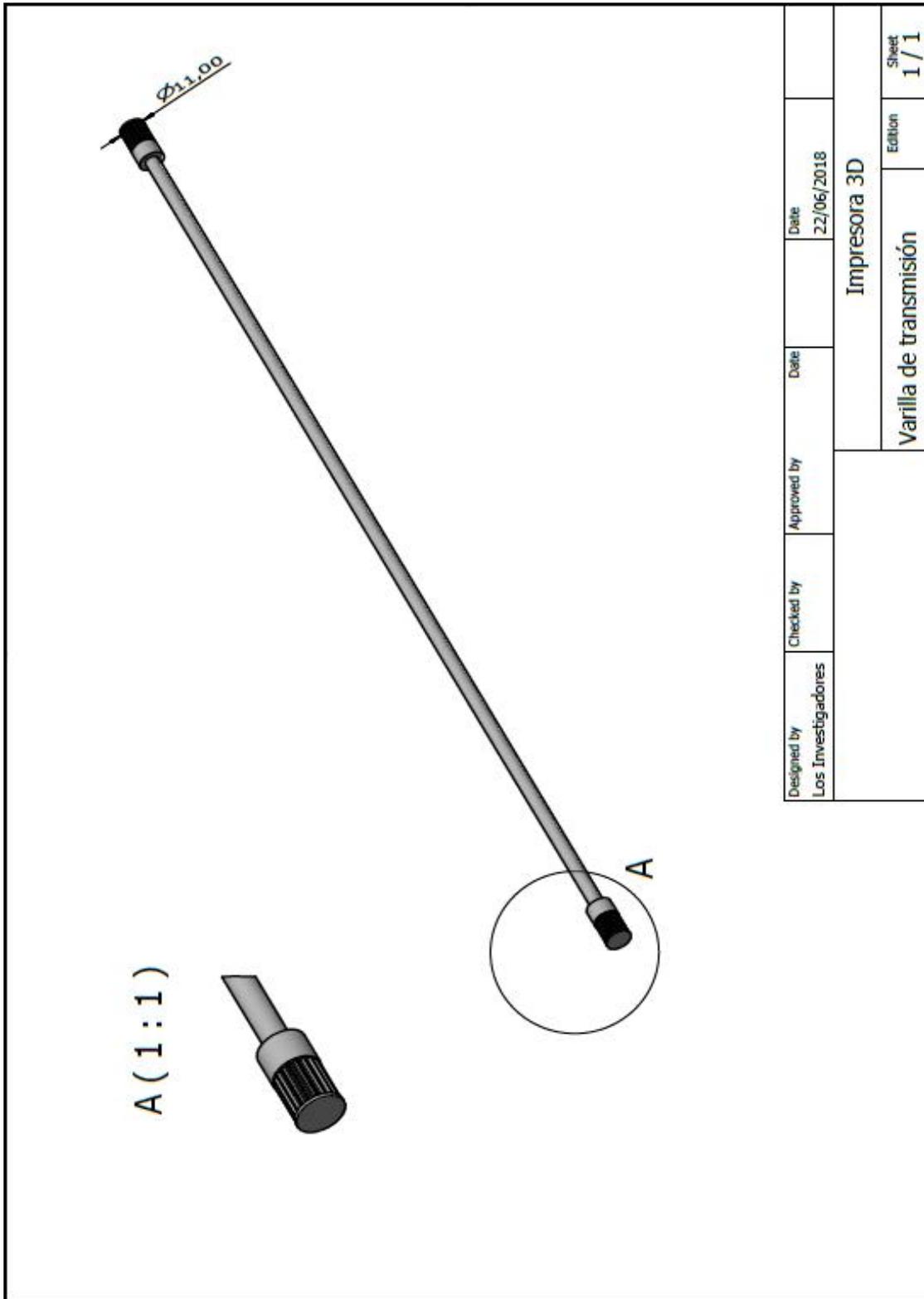
Anexo 2.15. Diseño de soporte de varillas lisas de eje X



Anexo 2.16. Diseño de piñón de motor de eje XY



Anexo 2.17. Diseño de eje de transmisión eje Y



Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 22/06/2018	Date 22/06/2018
Varilla de transmisión			Impresora 3D	
			Edition	Sheet 1 / 1

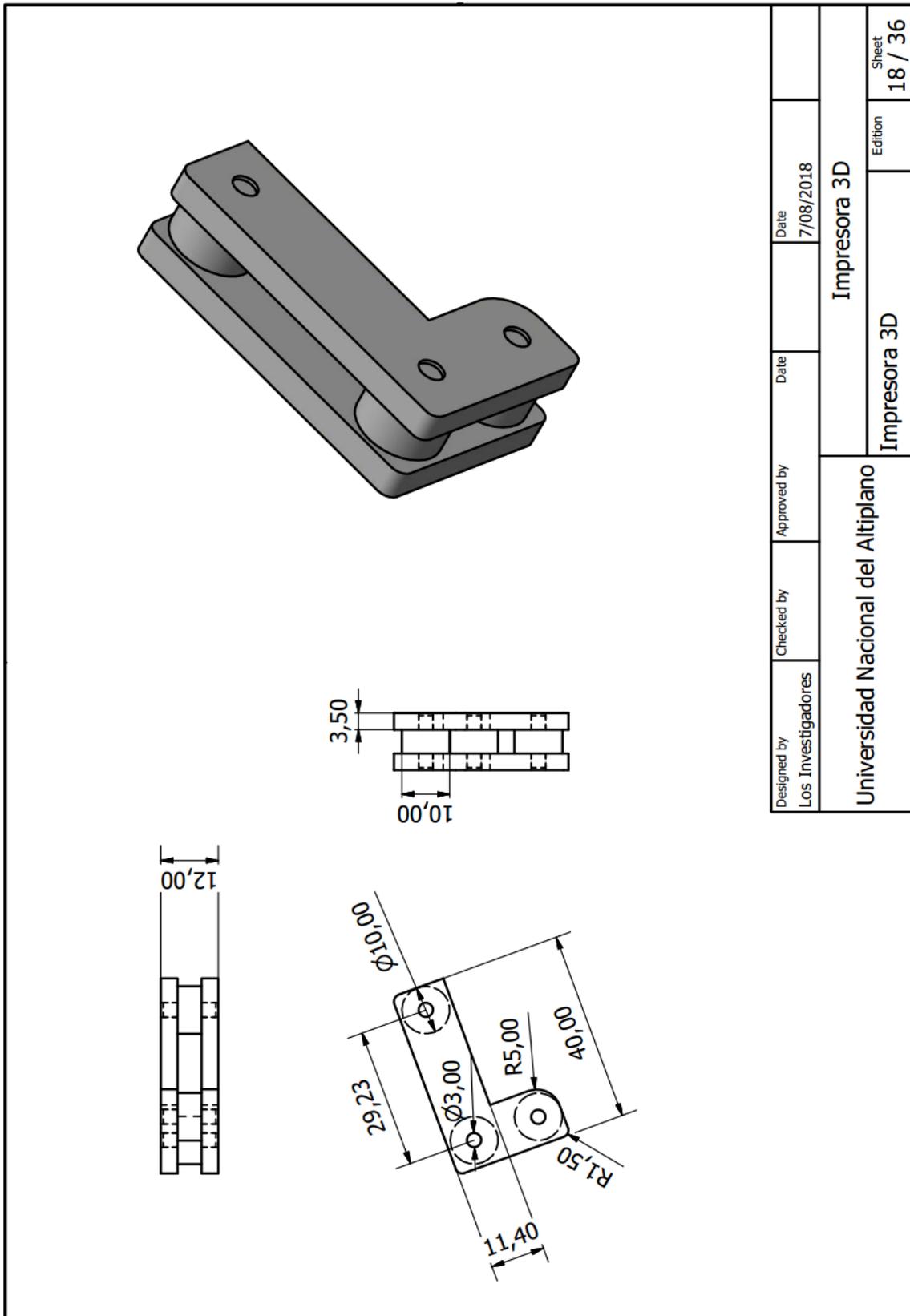
3. DISEÑO DE EXTRUSOR

Anexo 3.1.Descripción de partes del extrusor

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1		presionador de filamento
2	1		Resorte de palanca
3	1		Motor a pasos
4	1		polea moleteada
5	1		soporte para extrusor
6	1		boquilla de extrusor

Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 7/08/2018
Universidad Nacional del Altiplano		Impresora 3D	
		Edition	Sheet 17 / 36

Anexo 3.2. Diseño de palanca de presión de filamento



Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 7/08/2018
Universidad Nacional del Altiplano			Impresora 3D
Impresora 3D			Sheet Edition 18 / 36

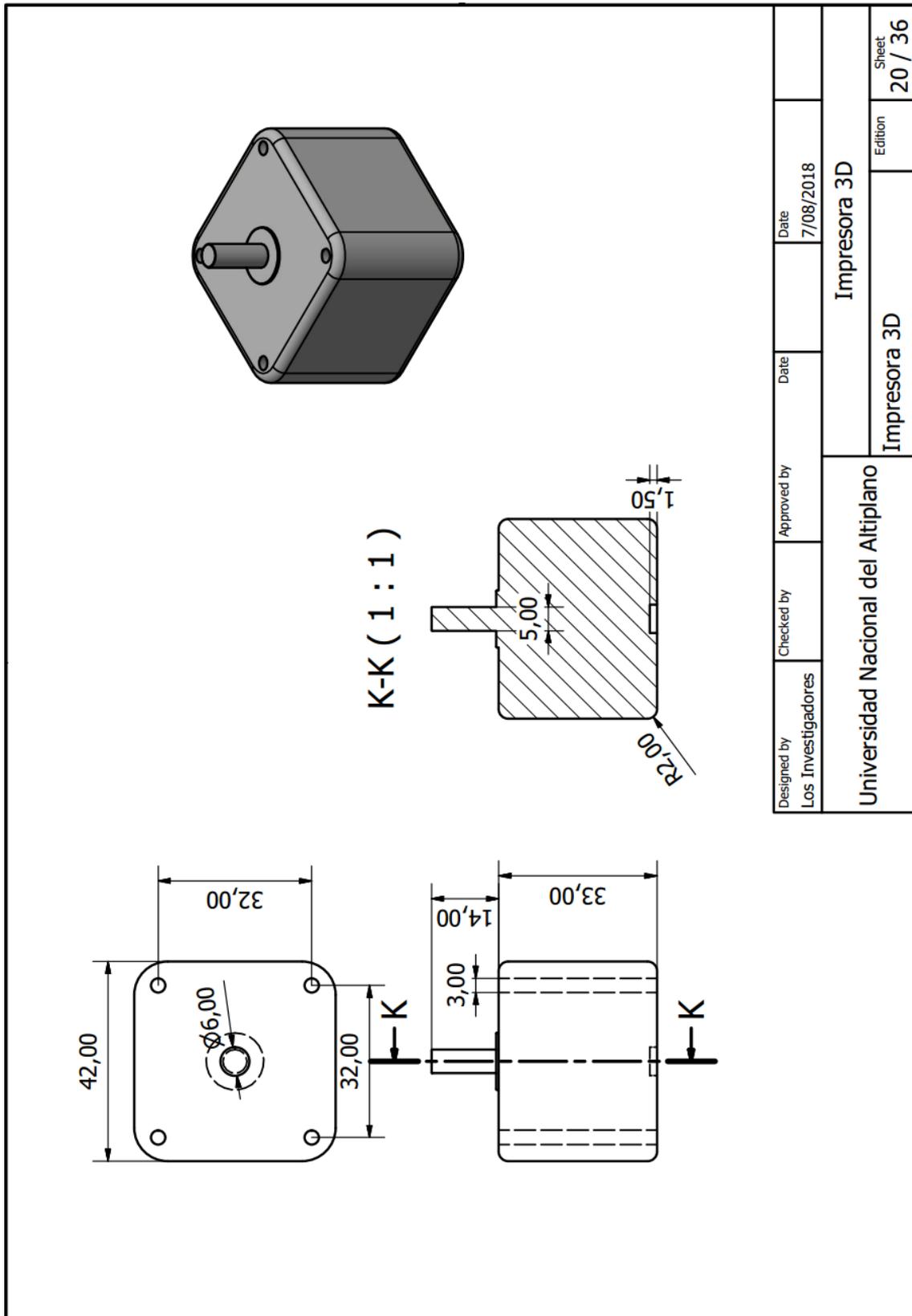
Anexo 3.3. Diseño de resorte de presión de palanca

Technical drawing of a spring with the following specifications:

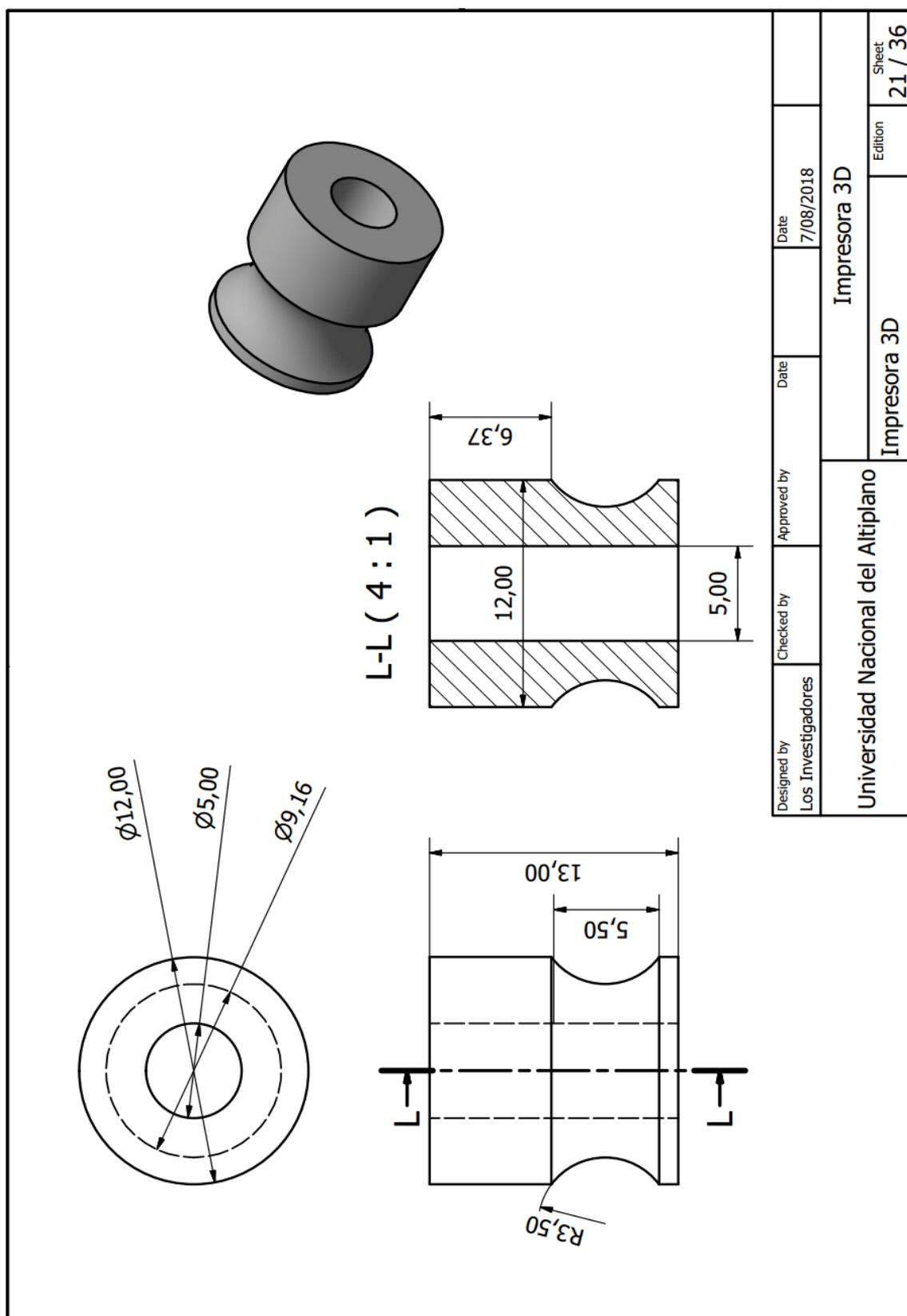
- Wire diameter:  $\varnothing 1,00$
- Spring length: 24,50
- Spring diameter:  $\varnothing 5,00$
- Detail view: J (4:1)

Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 7/08/2018	
Universidad Nacional del Altiplano			Impresora 3D	Impresora 3D
			Edition	Sheet 19 / 36

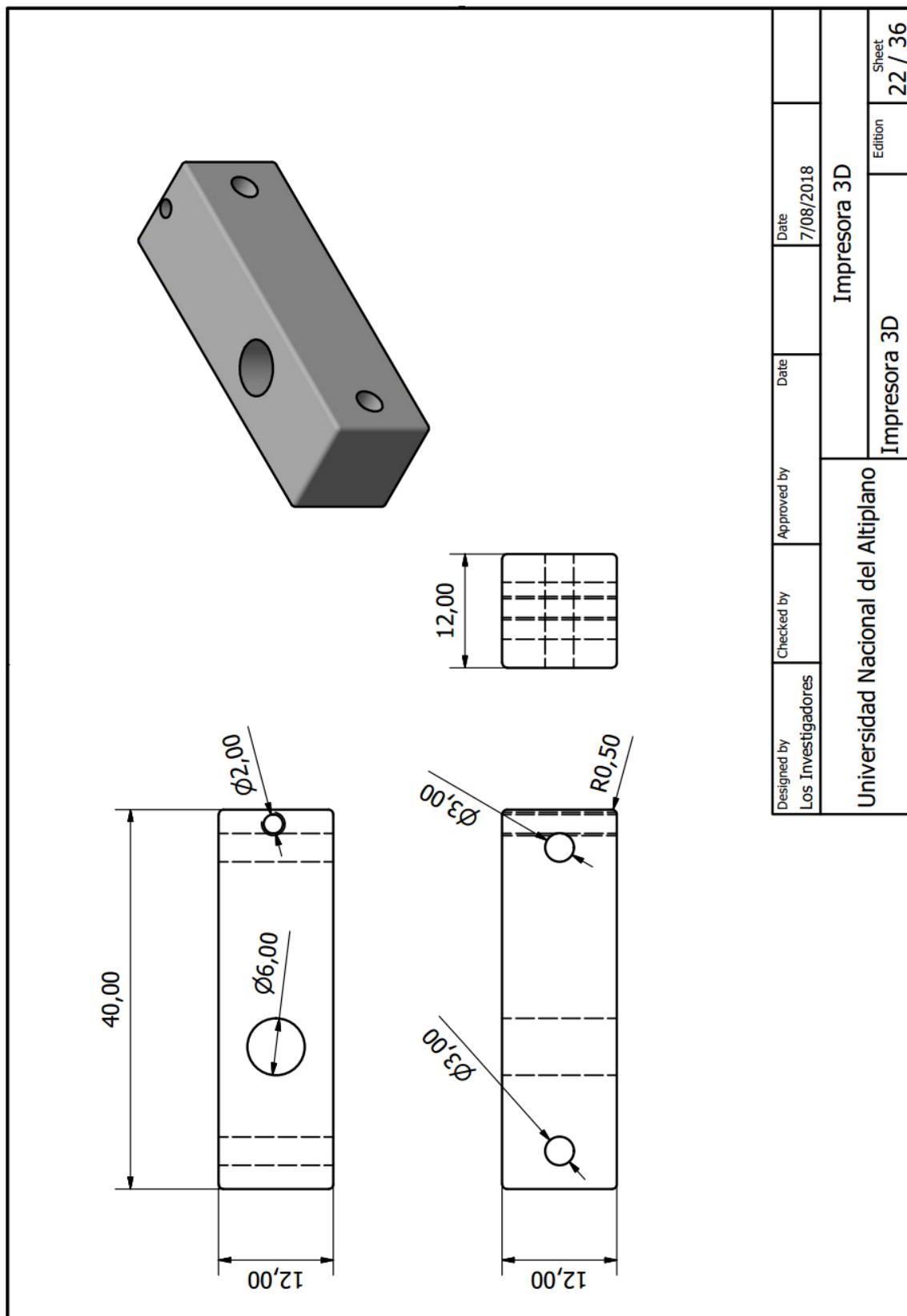
Anexo 3.4. Diseño de motor de extrusor



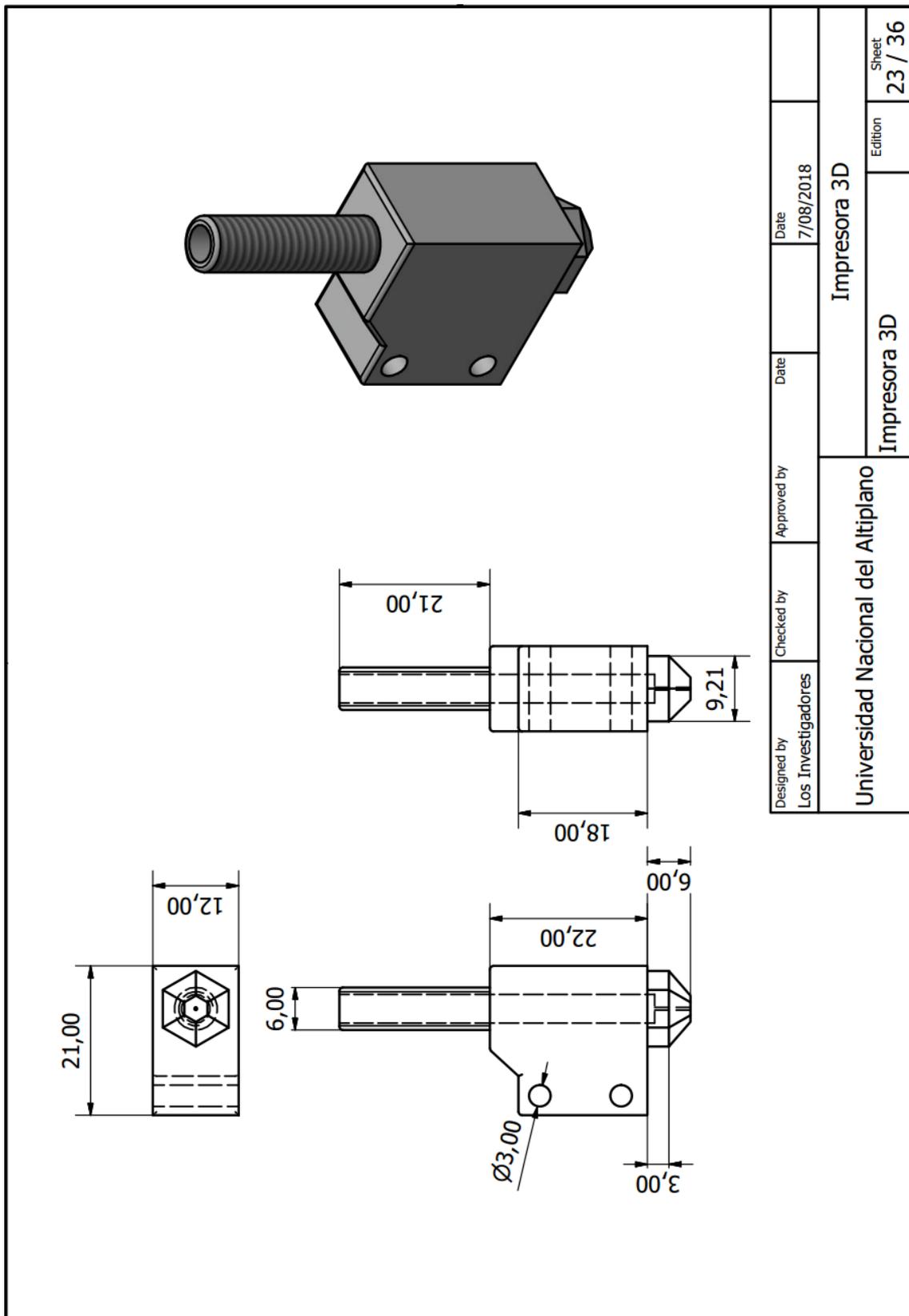
Anexo 3.5. Diseño de rueda dentada para arrastre de filamento



Anexo 3.6. Diseño de soporte para unión de partes del extrusor



Anexo 3.7. Diseño de hot-end del extrusor



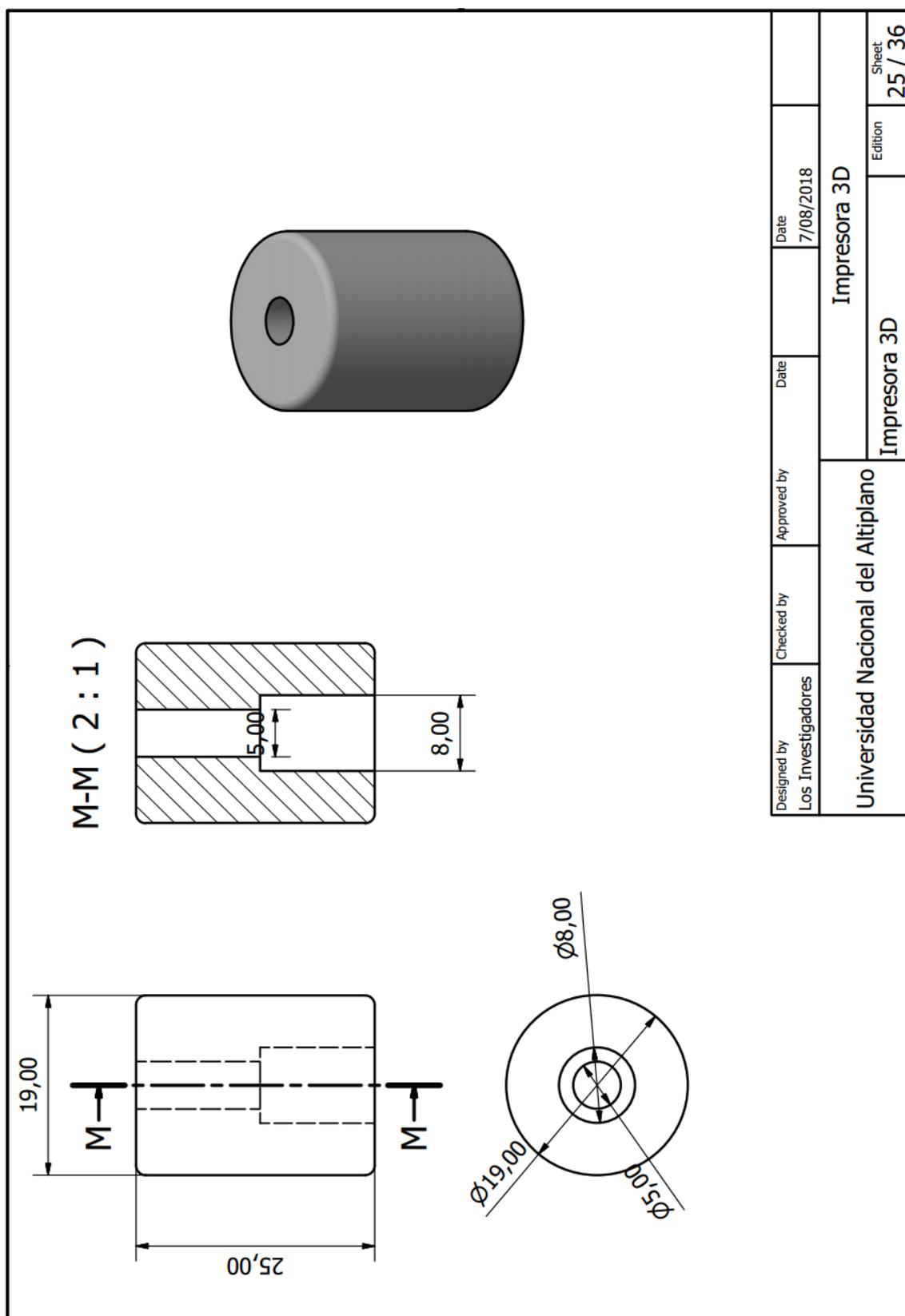
4. DISEÑO DE SISTEMA MECÁNICO DEL EJE Z

Anexo 4.1. Descripción de los componentes del eje Z

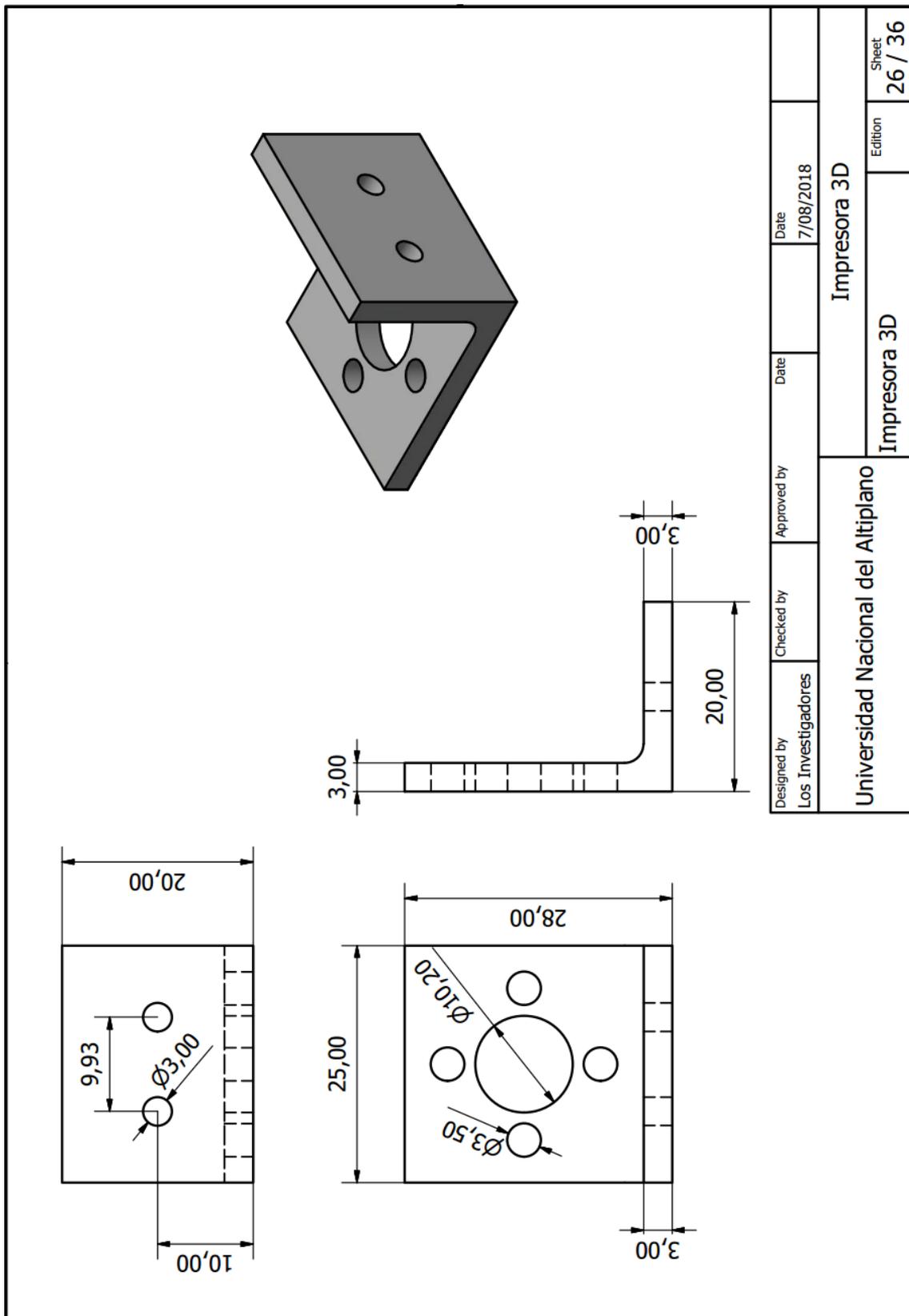
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Acople Flexible 5-8	
2	1	Acople para Usillo	
3	1	base para cama	
4	1	Motor a pasos	
5	1	platina	
6	4	Rodamiento 10mm	
7	1	perno usillo 8mm	
8	1	Varilla Roscada Eje Z	
9	2	Varilla del Eje Z	
10	1	sujetador de motor Z	
11	3	sujetador de cama	
12	1	Base de impresion	

Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 7/08/2018
Universidad Nacional del Altiplano		Impresora 3D	
		Impresora 3D	Sheet 24 / 36

Anexo 4.2. Diseño de acople flexible

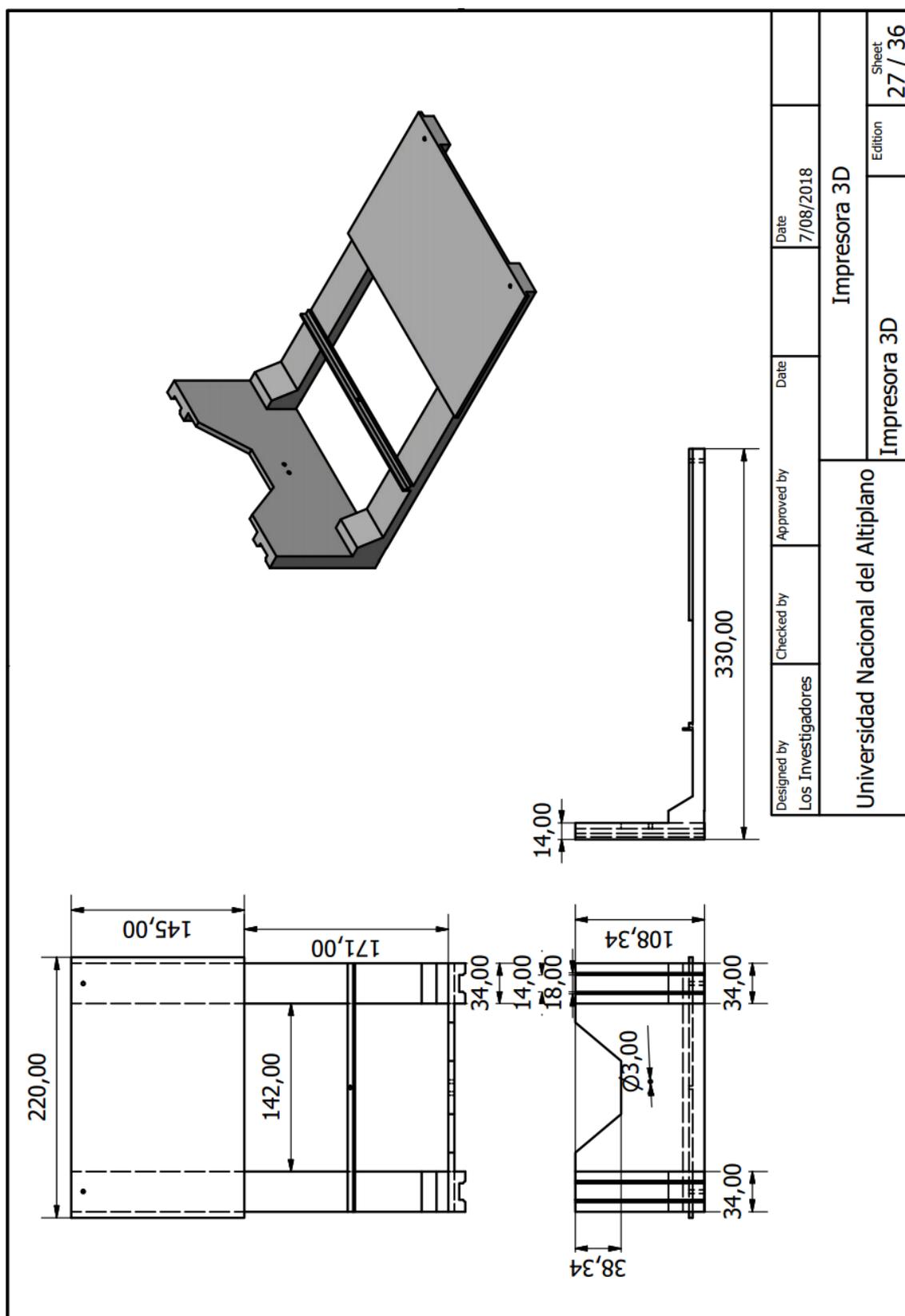


Anexo 4.3. Diseño de soporte para tuerca de varilla para arrastre del eje Z

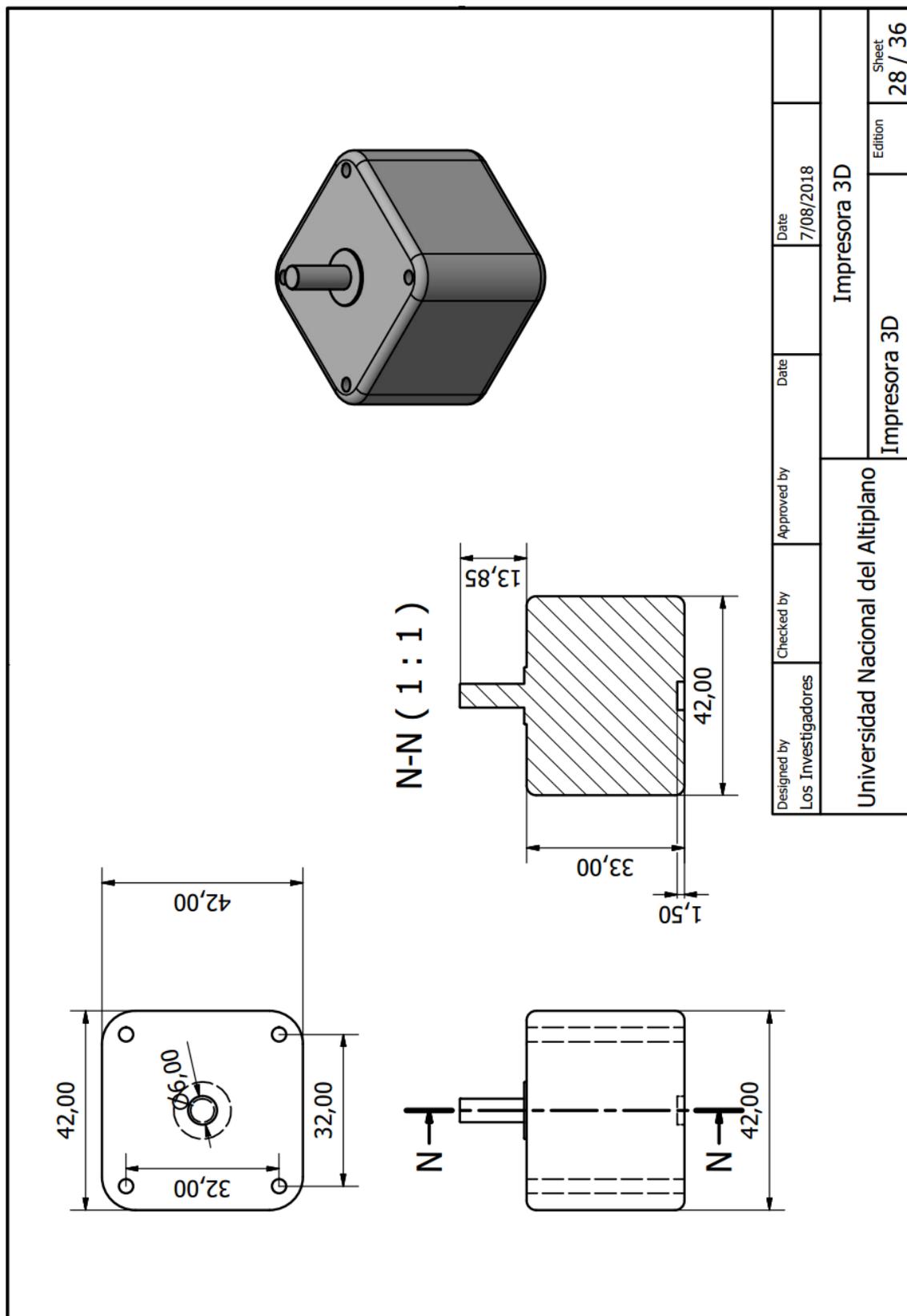


Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 7/08/2018
Universidad Nacional del Altiplano			Impresora 3D
Impresora 3D			Sheet Edition 26 / 36

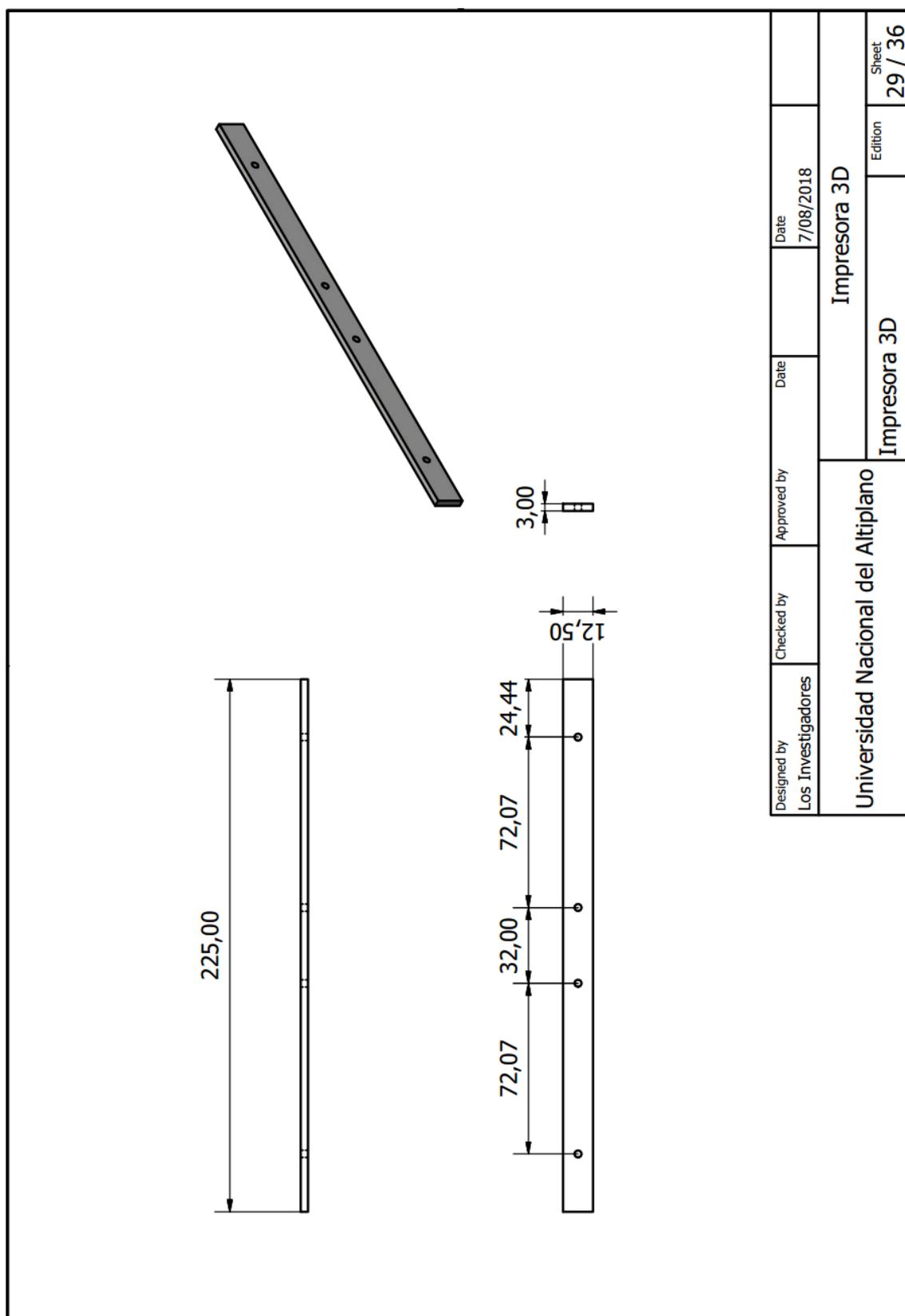
Anexo 4.4. Diseño de soporte para plataforma de impresión



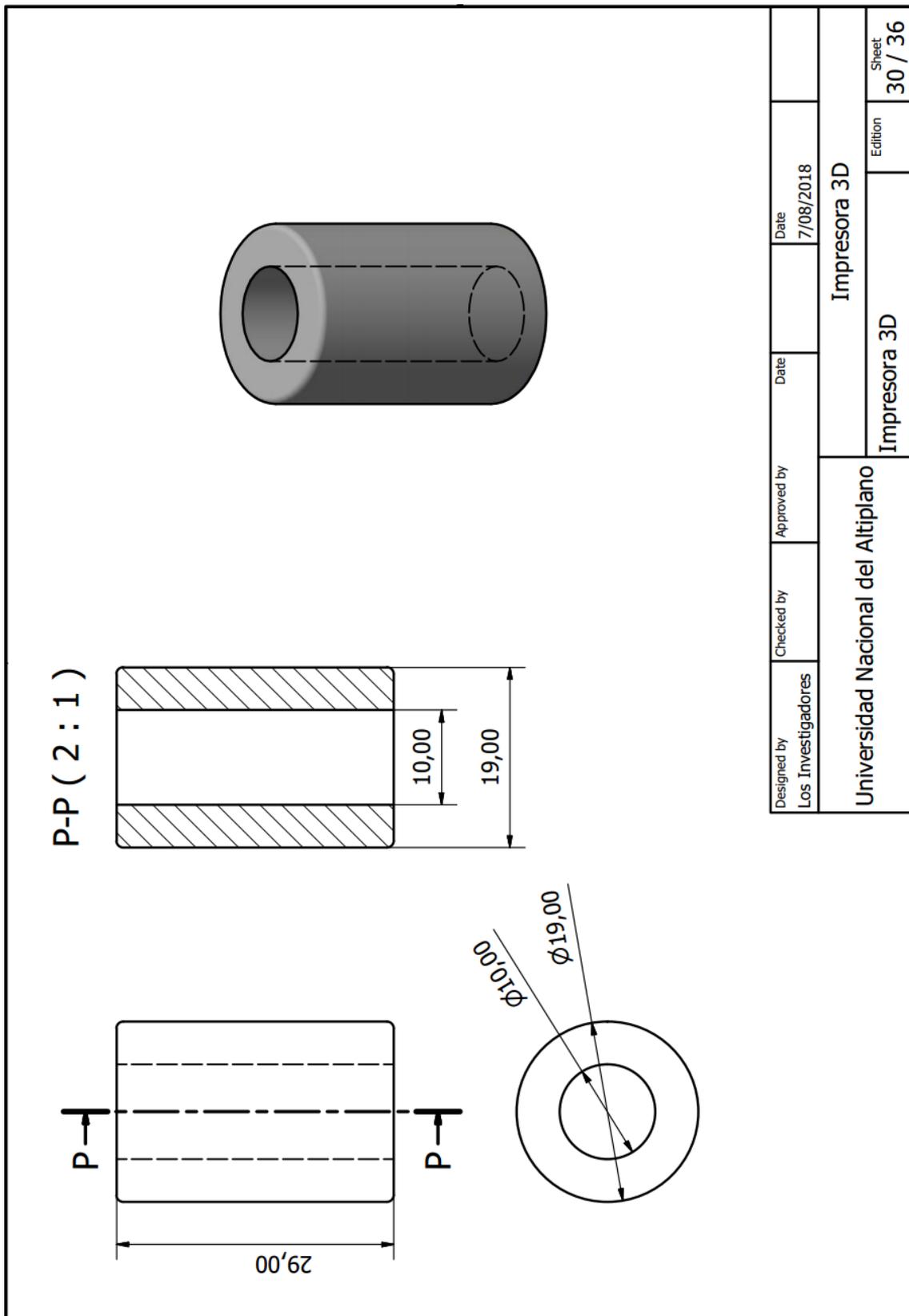
Anexo 4.5. Diseño de motor de eje Z



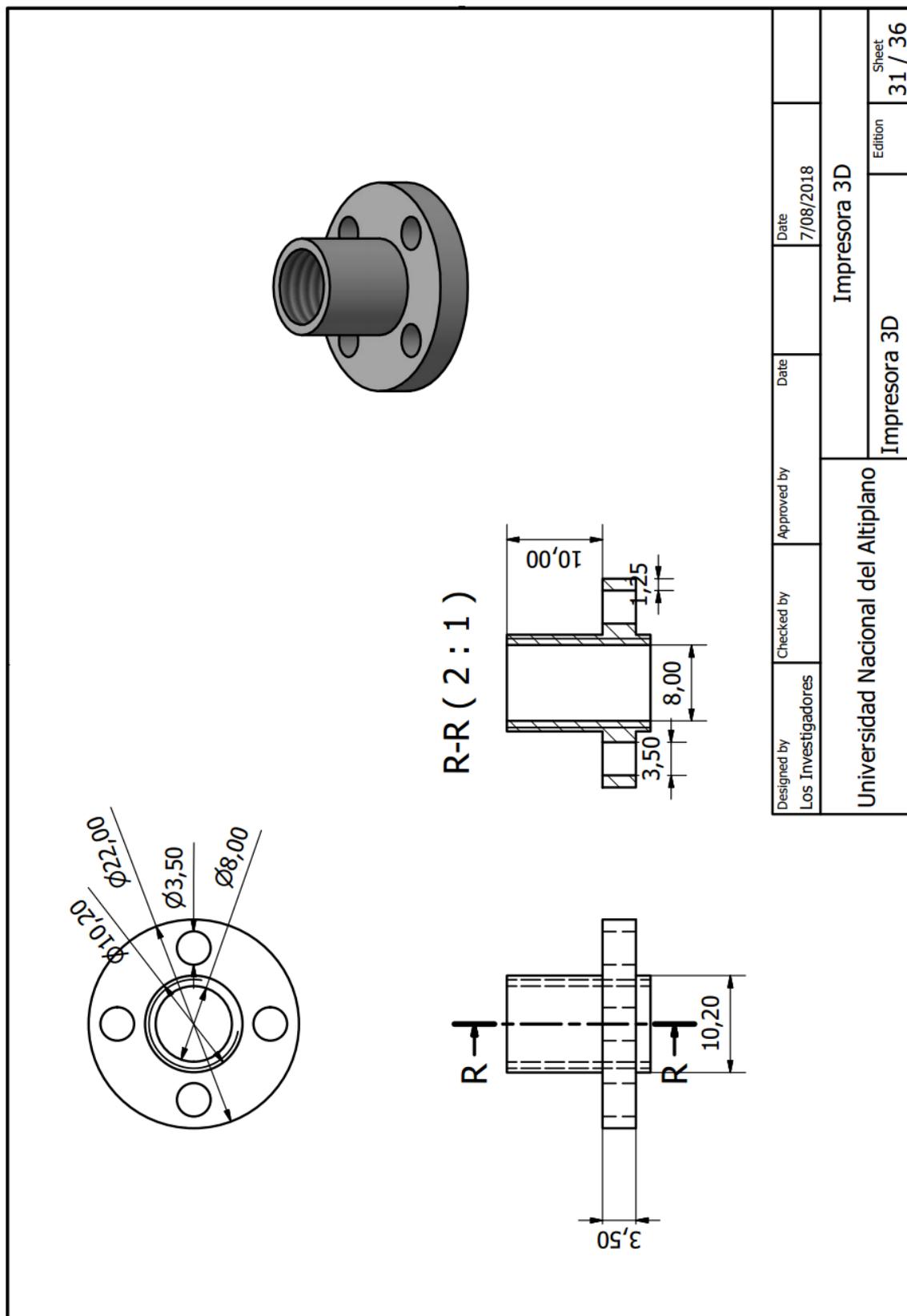
Anexo 4.6. Diseño de platina para unión de varillas lisas del eje Z



Anexo 4.7. Diseño de rodamiento lineal 10mm

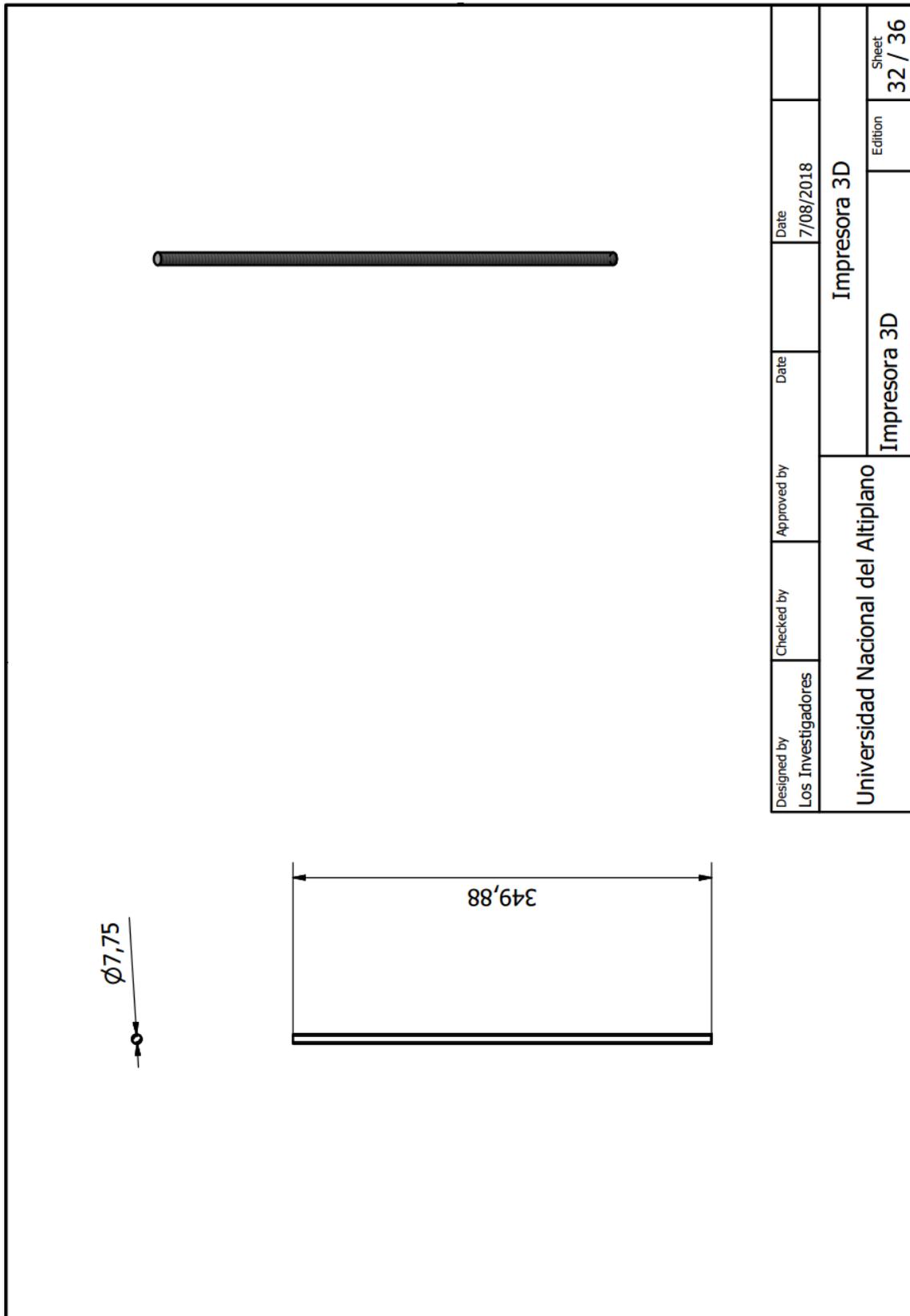


Anexo 4.8. Diseño de tuerca de arrastre del eje Z

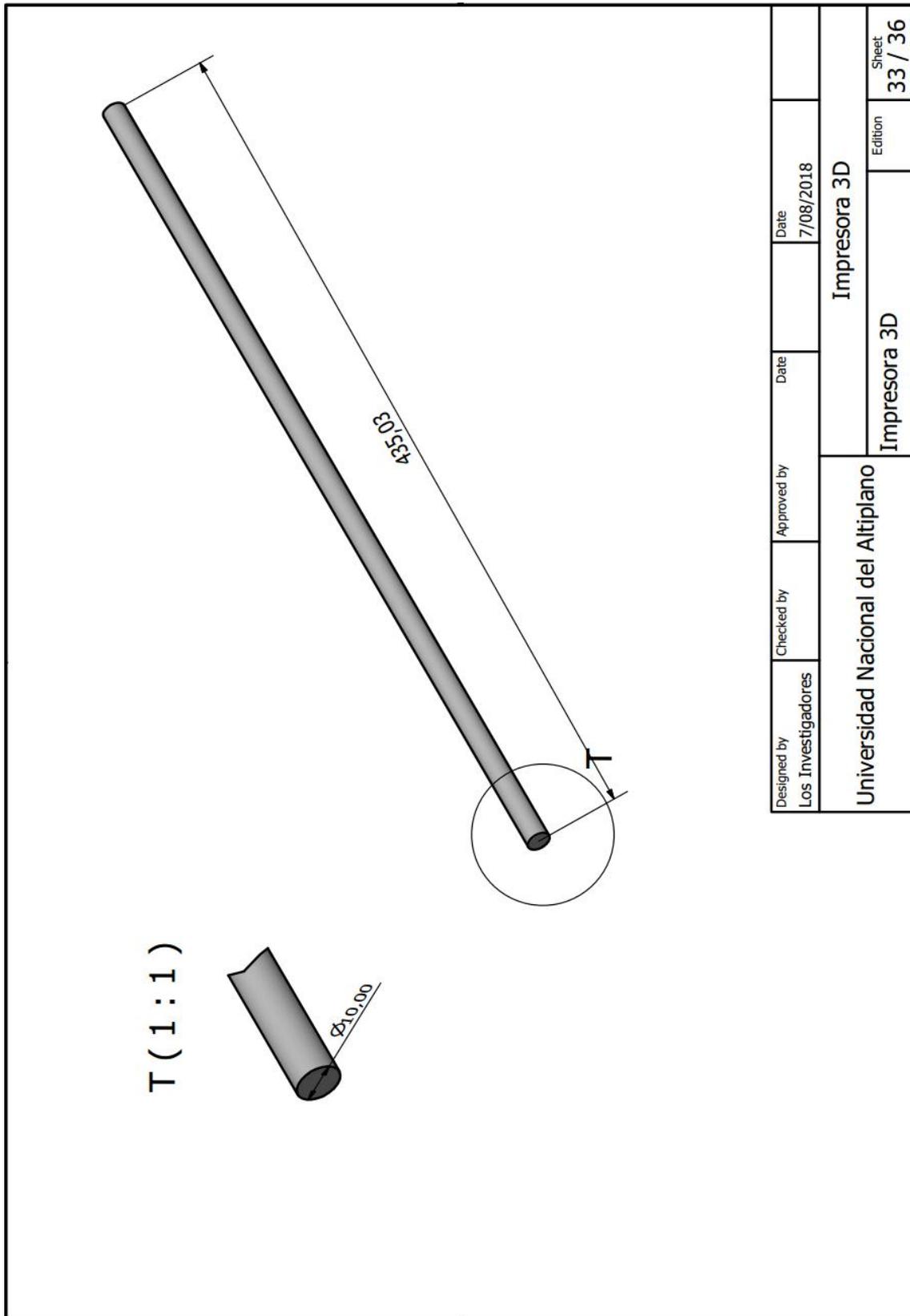


Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 7/08/2018
Universidad Nacional del Altiplano			Impresora 3D
Impresora 3D			Sheet Edition 31 / 36

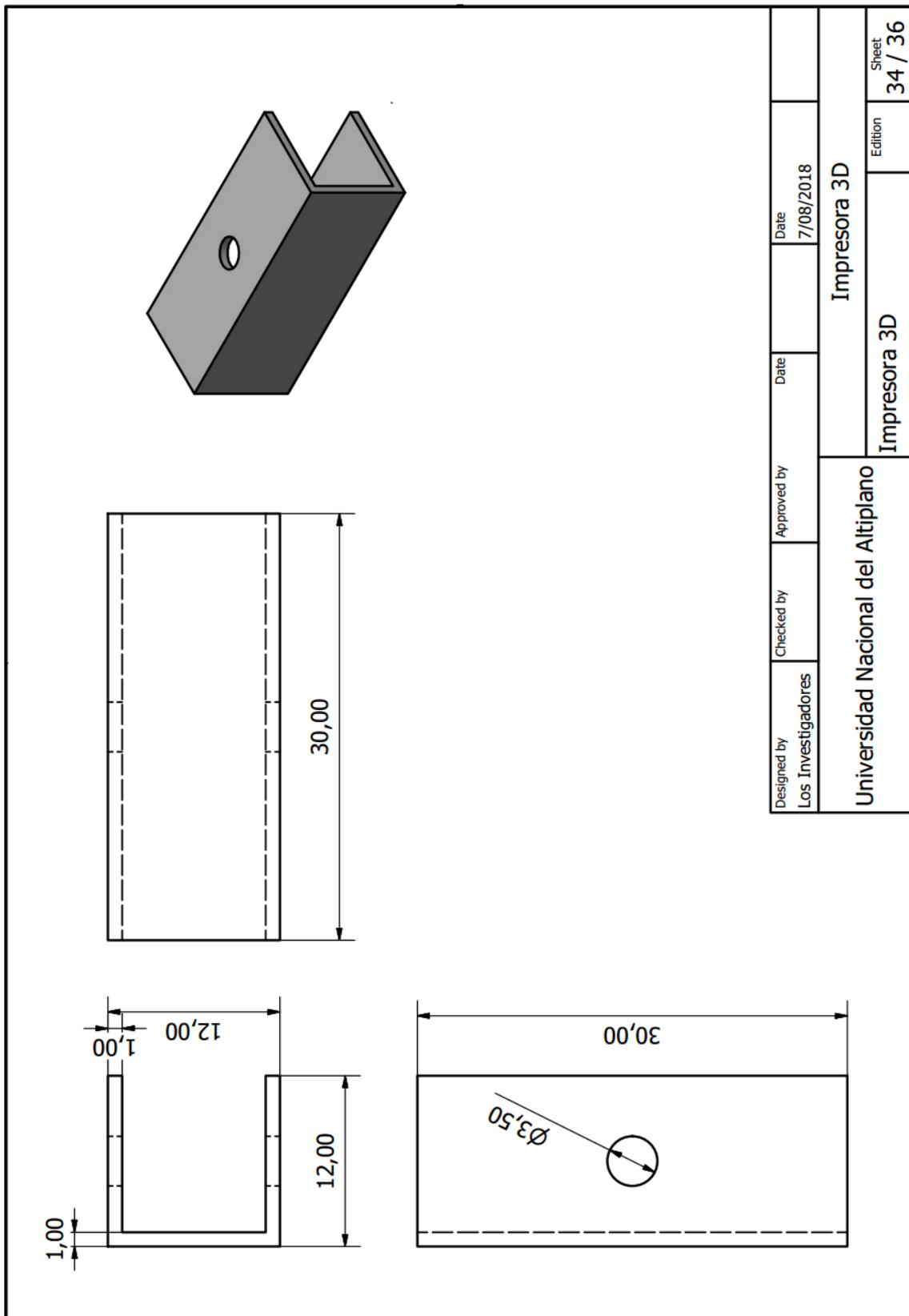
Anexo 4.9. Diseño de varilla roscada del eje Z



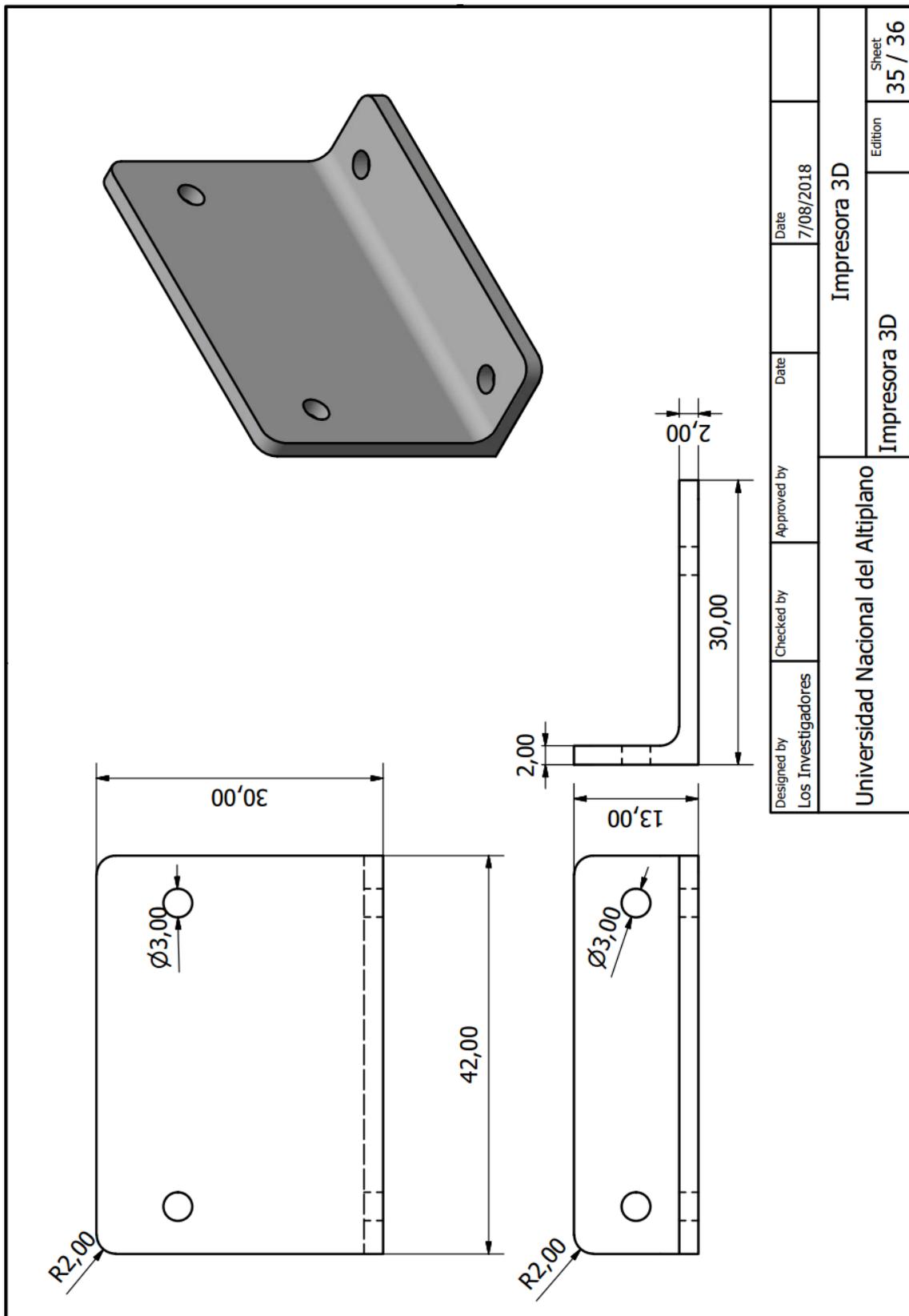
Anexo 4.10. Diseño de varilla lisa del eje Z



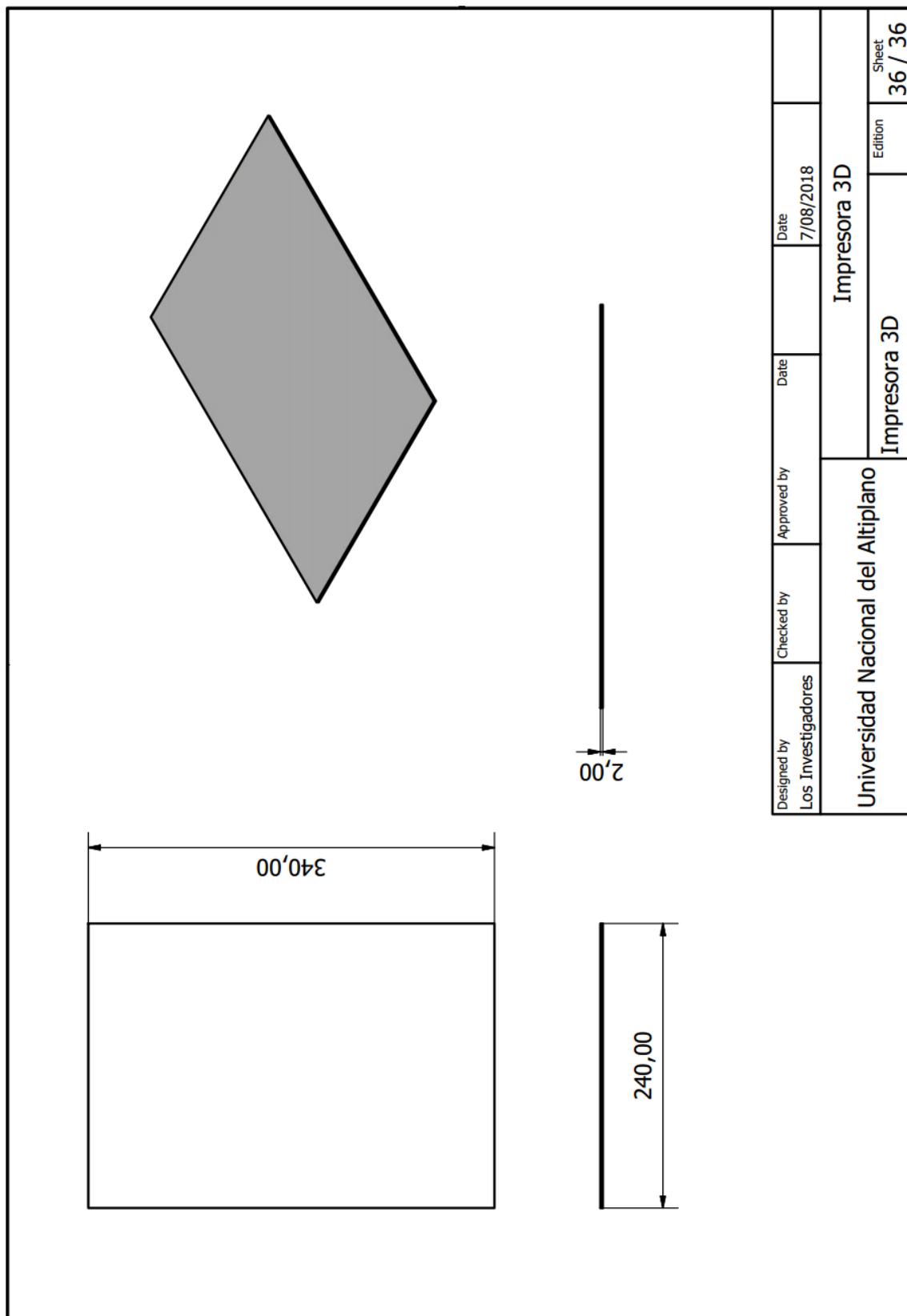
Anexo 4.11. Diseño de soporte para sujeción de plataforma de impresión



Anexo 4.12. Diseño de platina para sujeción de motor de eje Z



Anexo 4.13. Diseño de plataforma de impresión



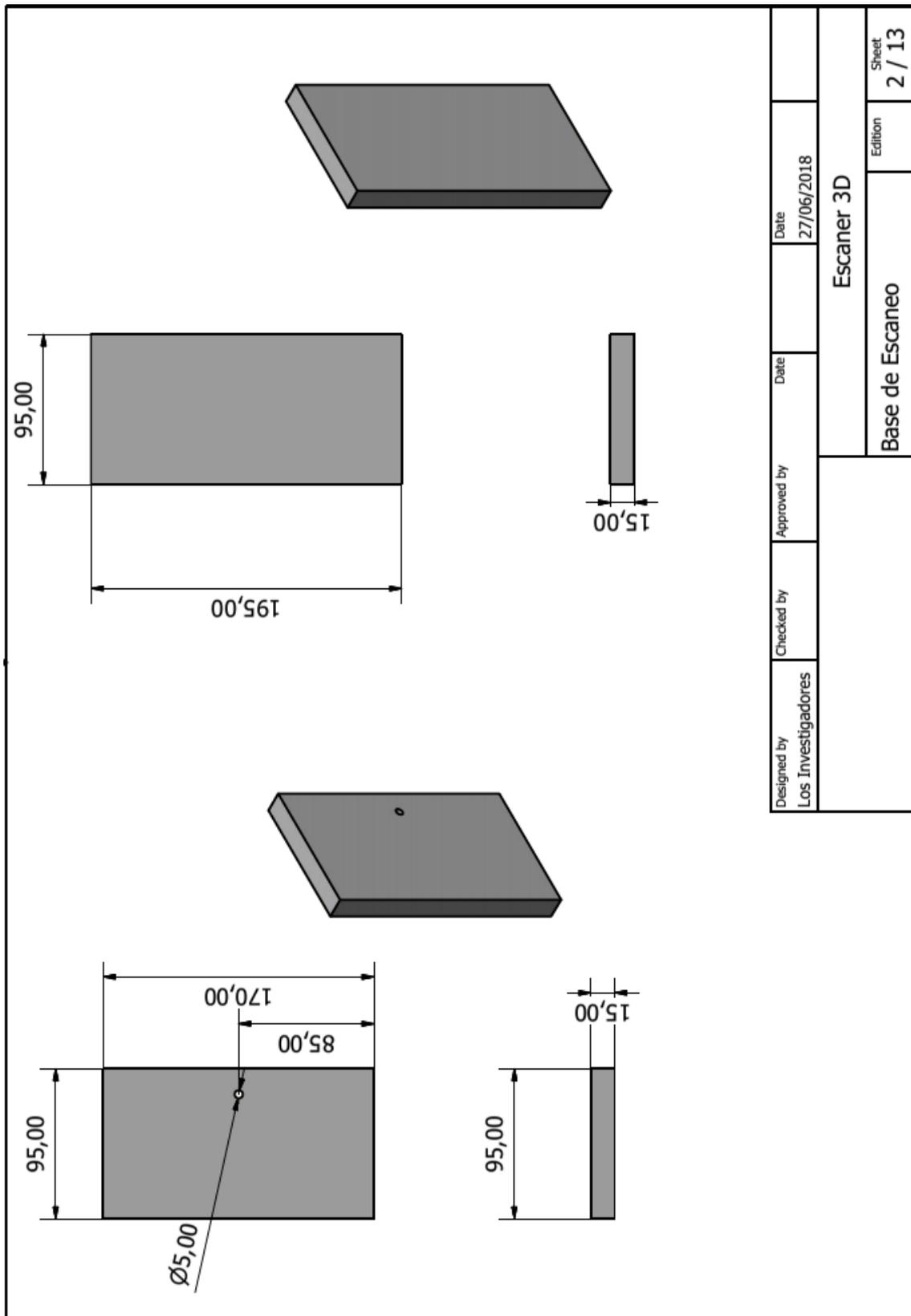
5. PLANOS DE IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D

Anexo 5.1. Descripción de partes del escáner 3D

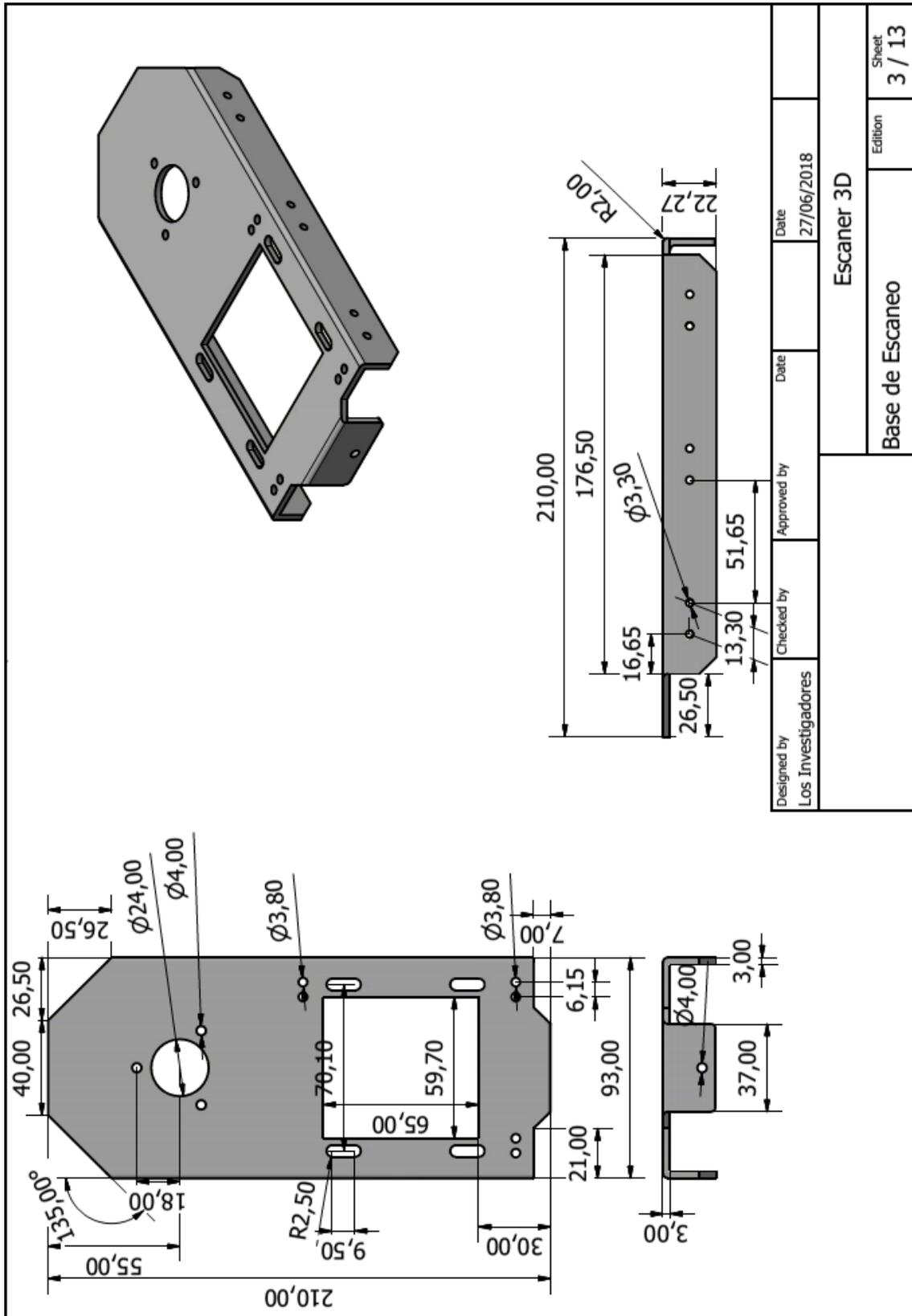
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	Base de mdf	2 unidades
2	1	Estructura principal	1 unidad
3	1	Arandela rectangular	1 unidad
4	1	Soporte de motor	1 unidad
5	1	Rodamiento	1 unidad
6	1	Acople base	1 unidad
7	1	Engranaje mayor	1 unidad
8	1	Disco acople	1 unidad
9	1	Engranaje motor	1 unidad
10	1	Correa dentada	1 unidad
11	1	Motor nema 23	1 unidad
12	1	Base de escaneo	1 unidad

Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 27/06/2018
Escaner 3D			Sheet 1 / 13
Base de Escaneo			Edition

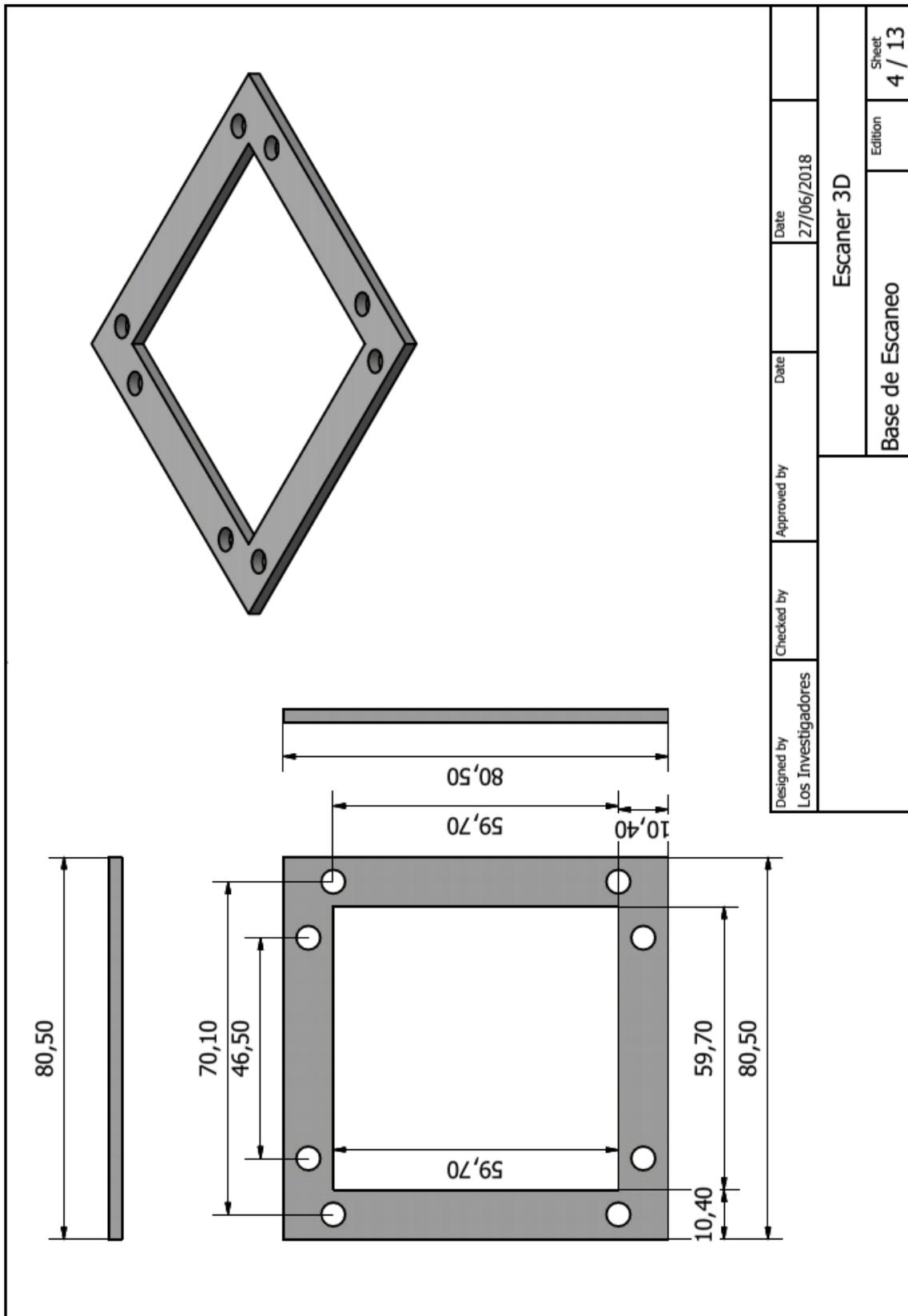
Anexo 5.2. Diseño de piezas de melamina



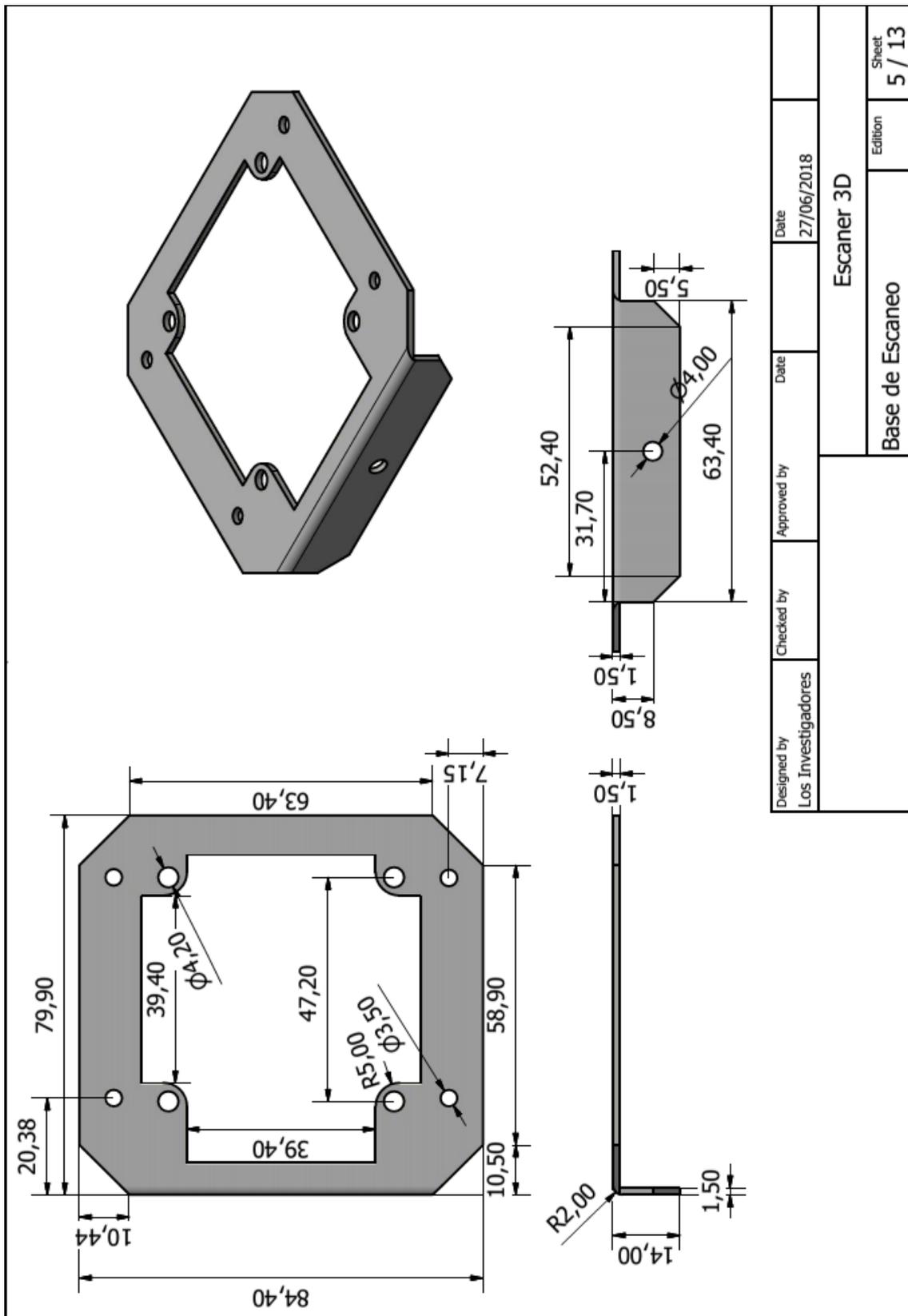
Anexo 5.3. Diseño de chasis de escáner 3D



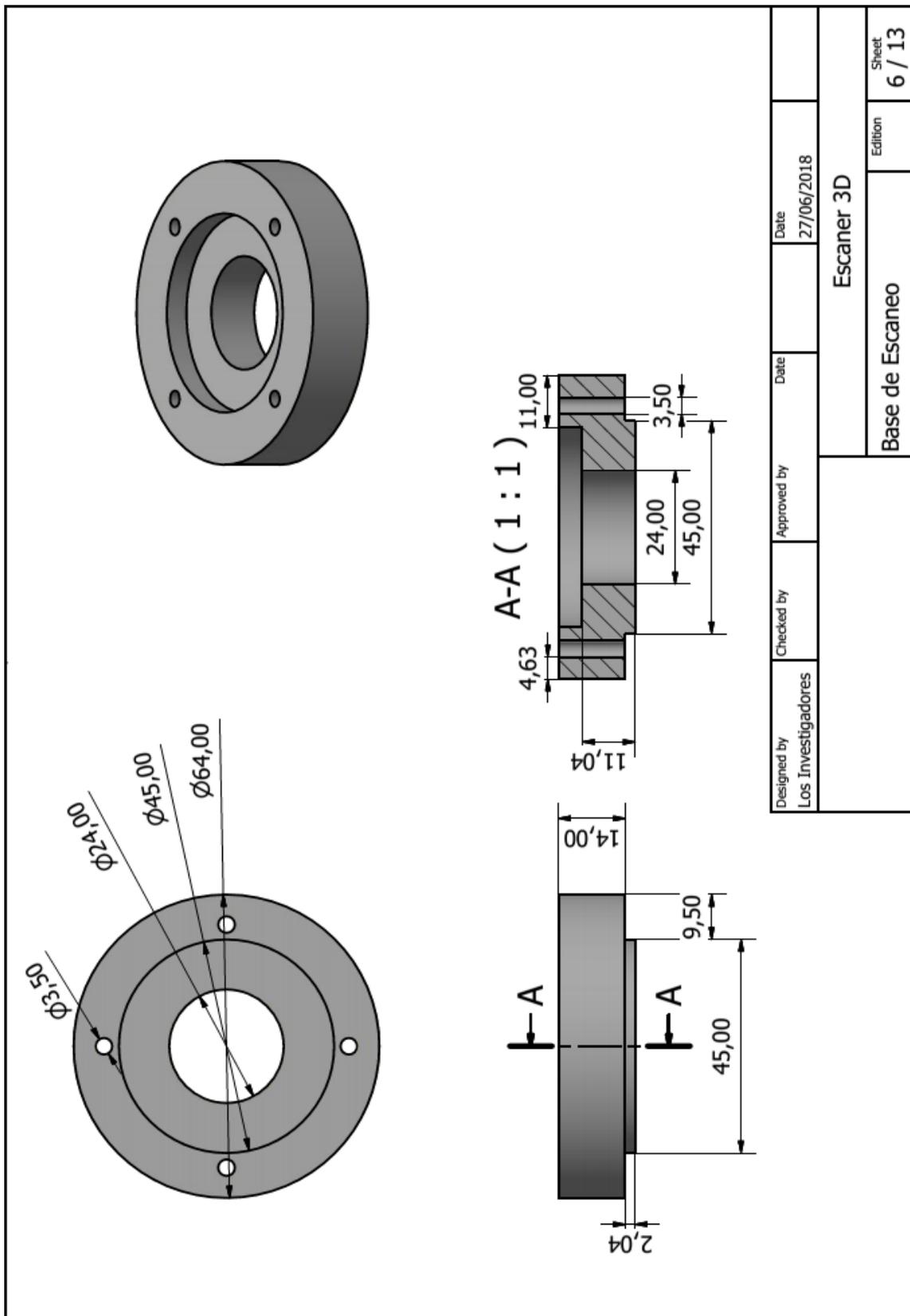
Anexo 5.4. Diseño de arandela rectangular



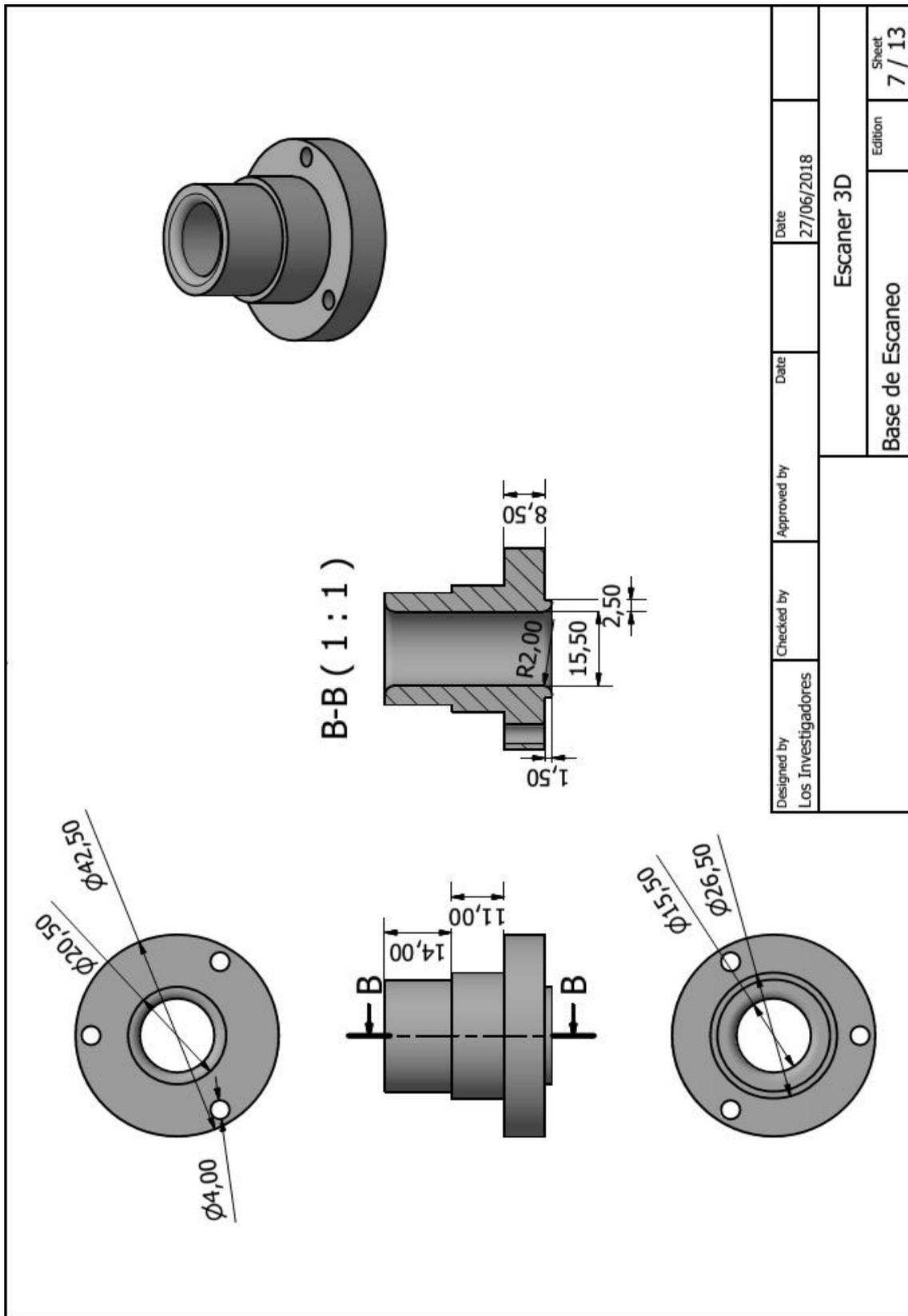
Anexo 5.5. Diseño de sujetador de motor a pasos



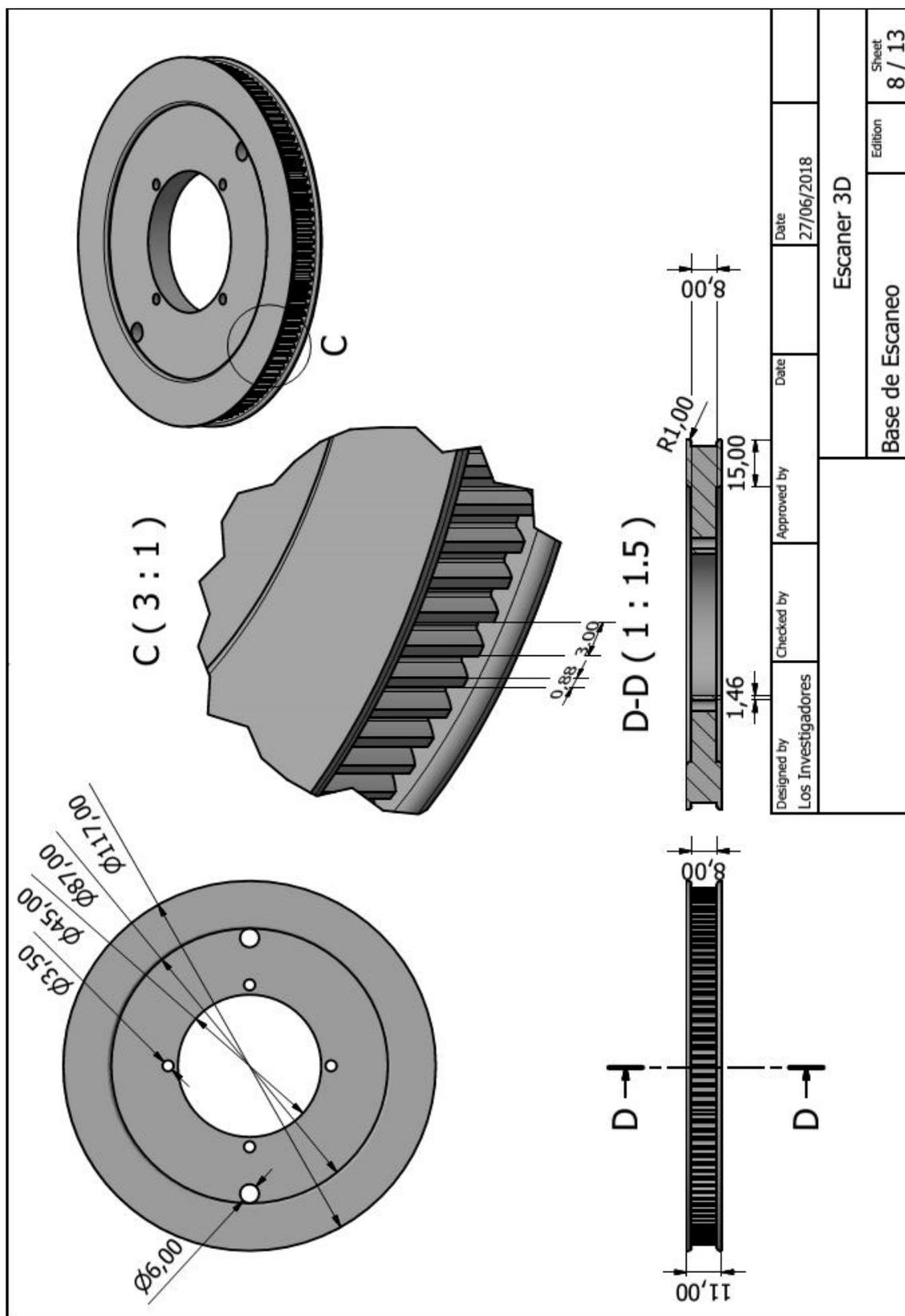
Anexo 5.6. Diseño de rodamiento y acople



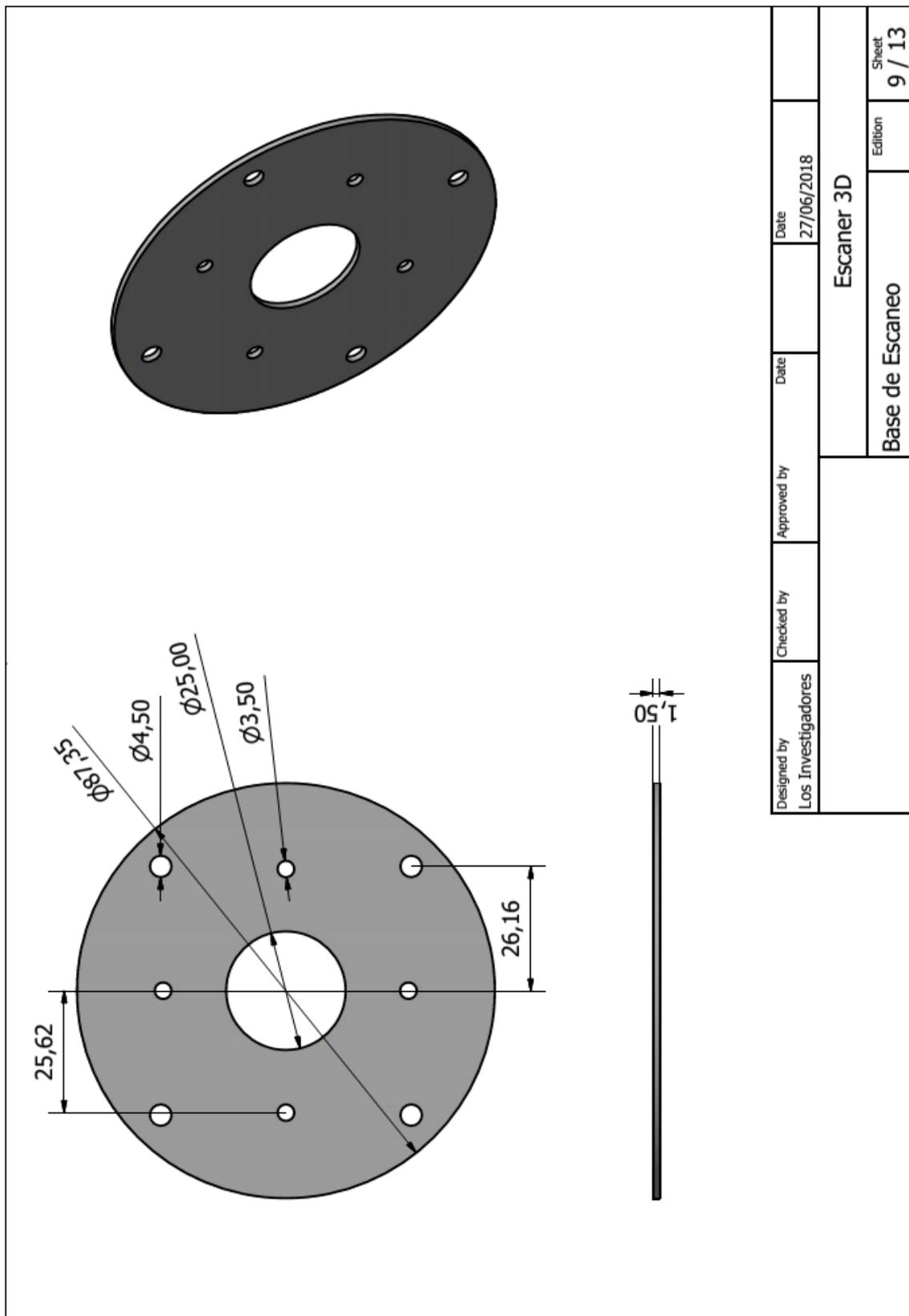
Anexo 5.7. Diseño de acople de rodamiento a base



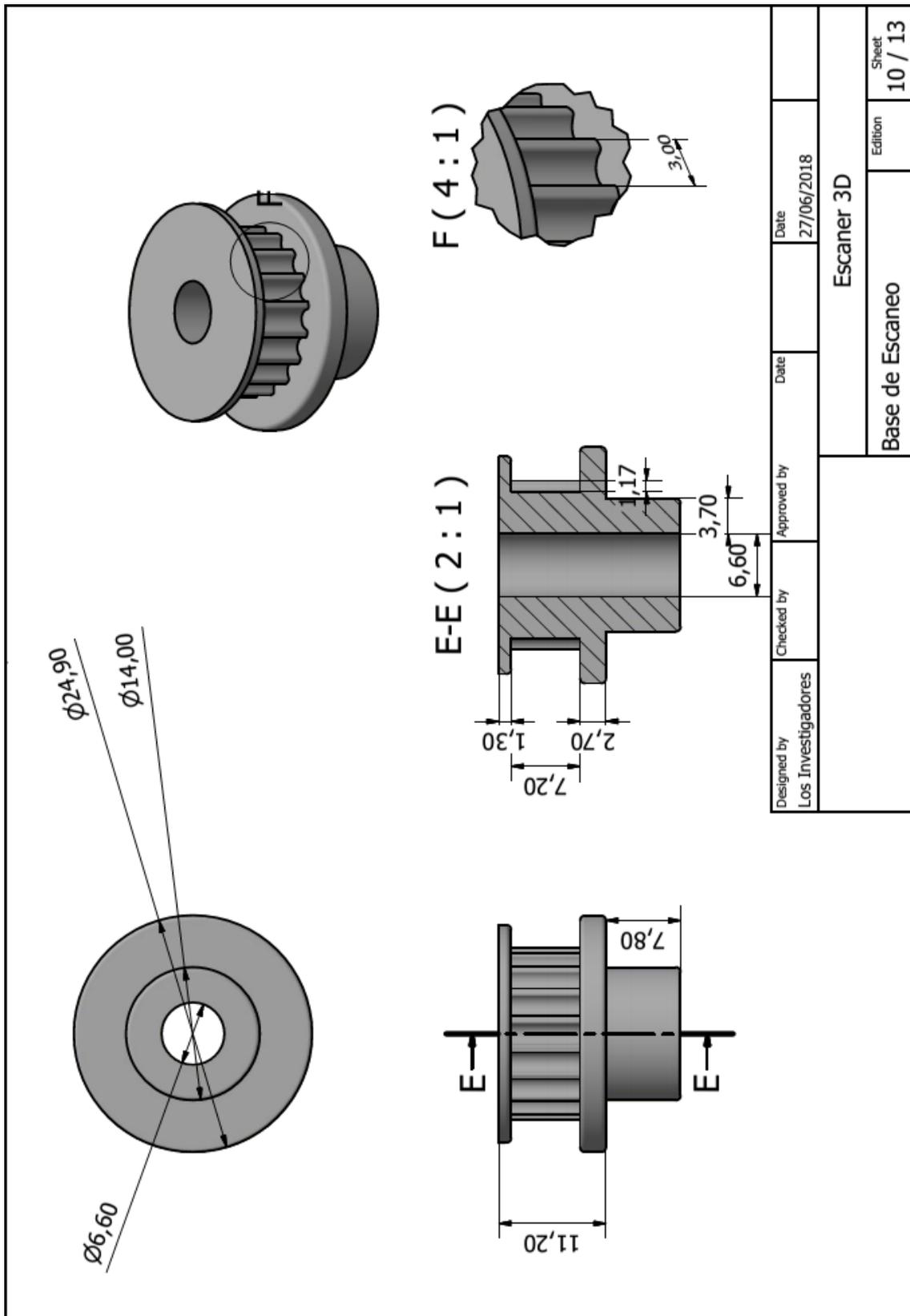
Anexo 5.8. Diseño de engranaje de plataforma



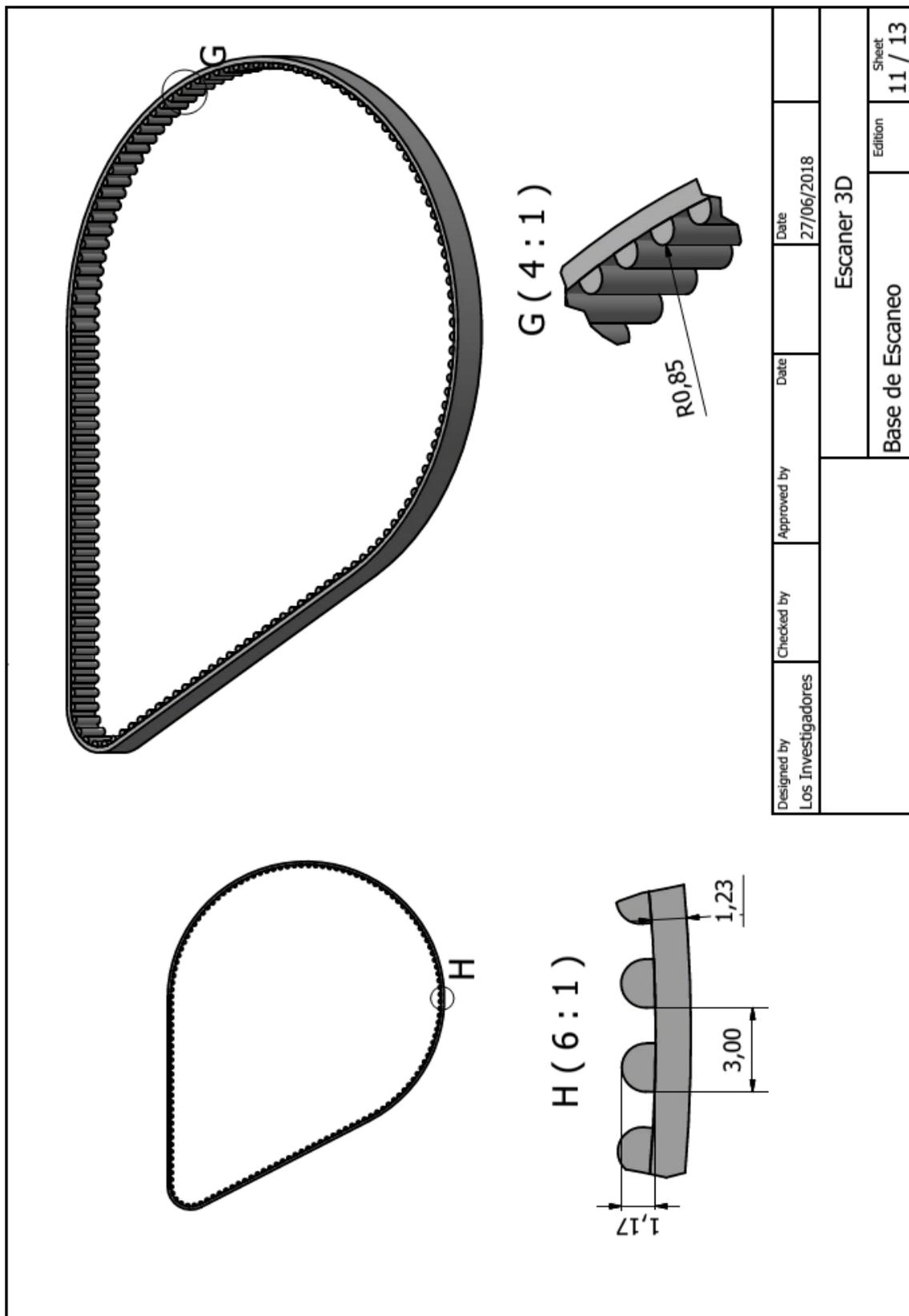
Anexo 5.9. Diseño de disco de acople base de escaneo



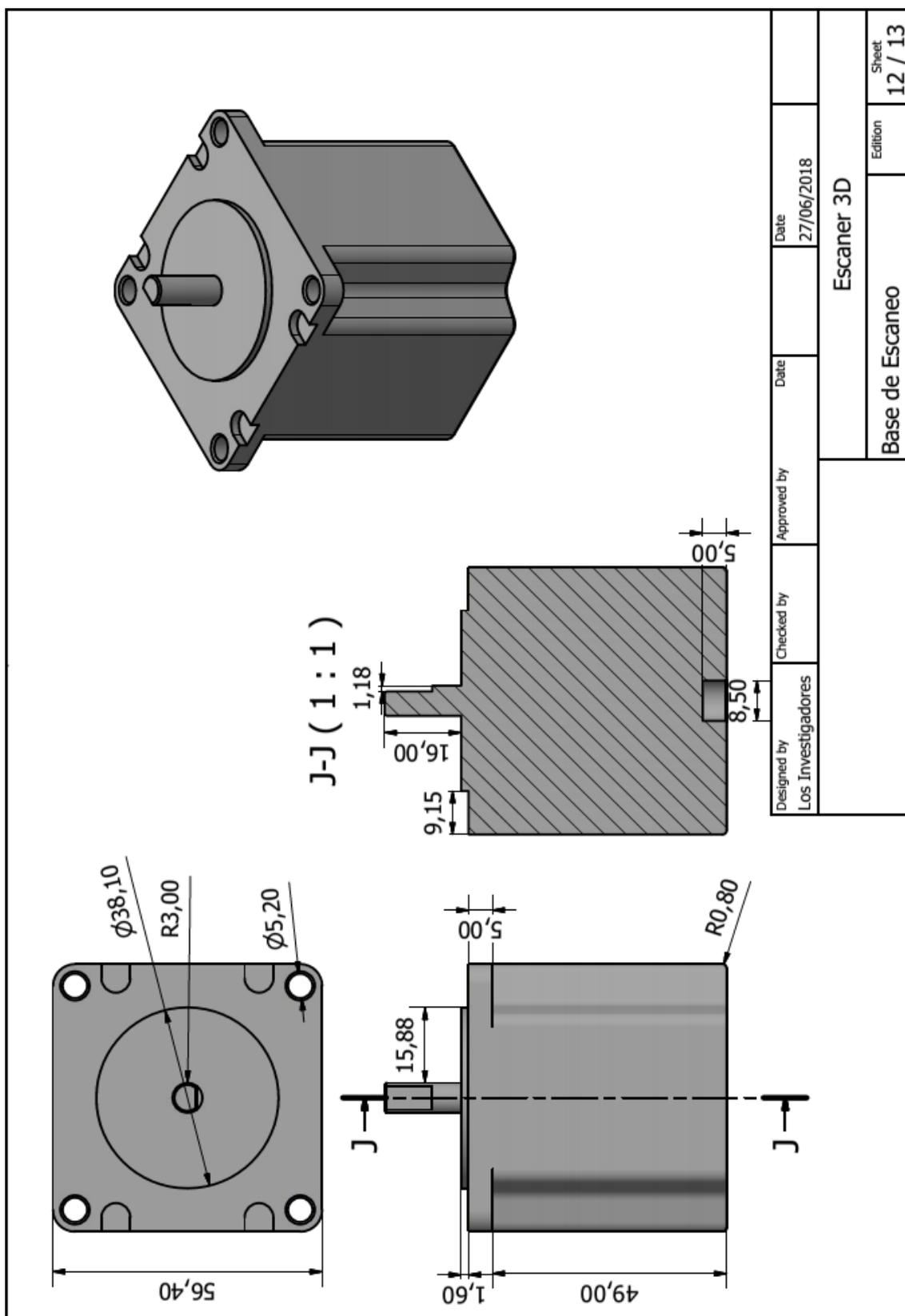
Anexo 5.10. Diseño de polea dentada de motor



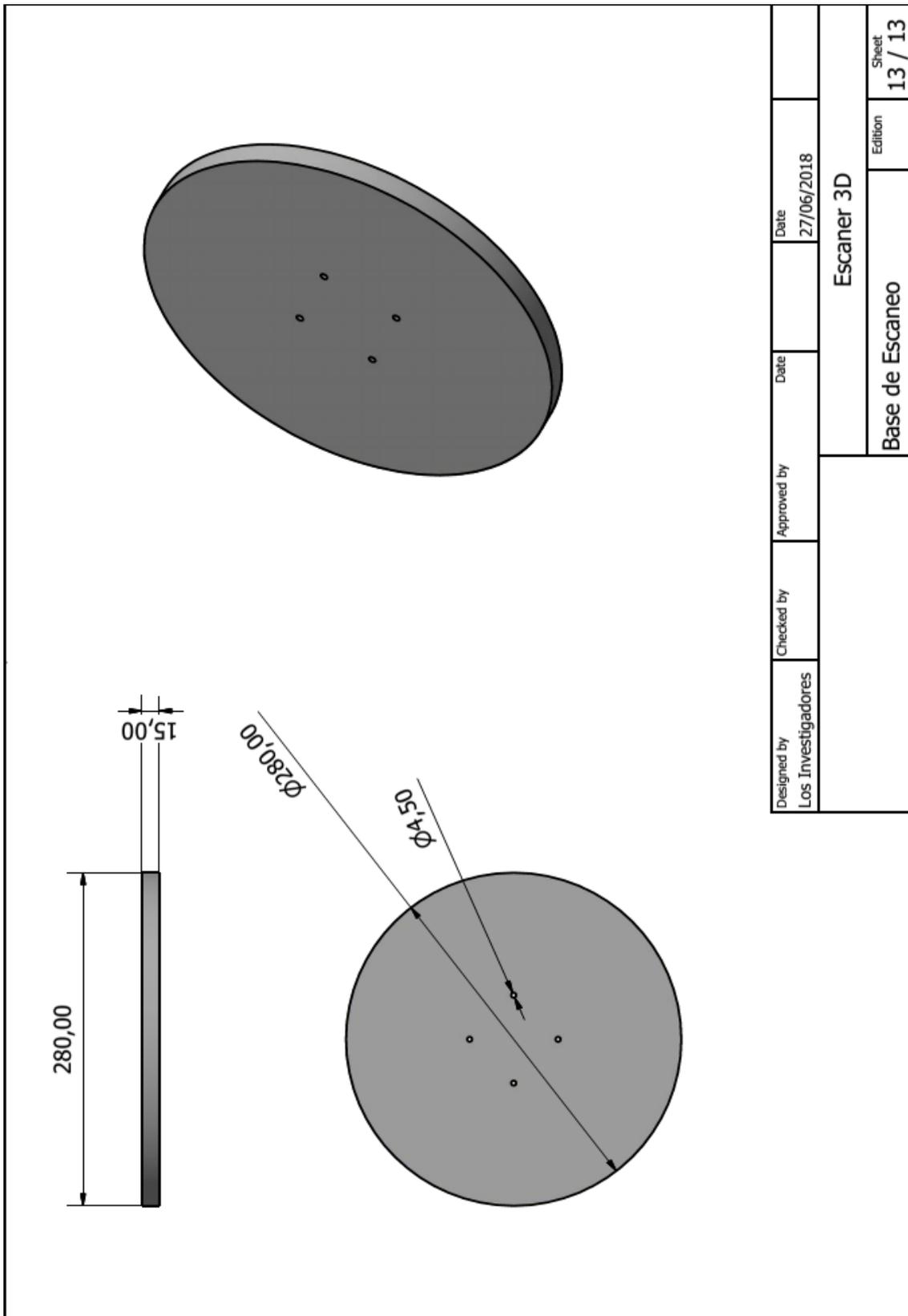
Anexo 5.11. Diseño de correa dentada



Anexo 5.12. Diseño de motor a pasos nema 23



Anexo 5.13. Diseño de disco de melamina (base de escaneo)



Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date	Date	27/06/2018
			Escaner 3D		
			Edition		
			Sheet		
			13 / 13		

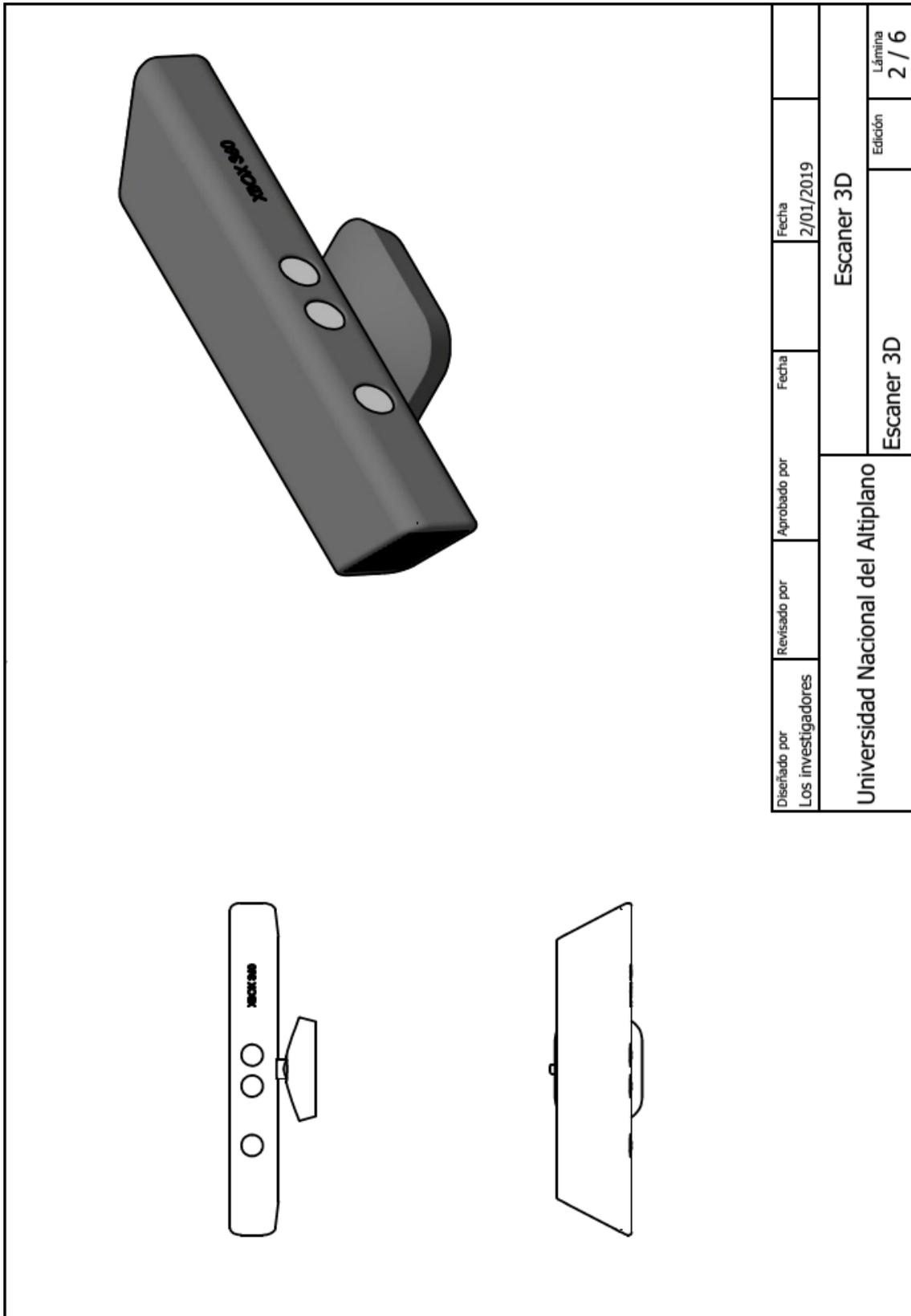
## 6. DISEÑO DE PLANOS DE SENSOR KINECT

### Anexo 6.1. Descripción de partes del sensor y trípode

Lista de partes	
Num.	Descripción
1	Sensor Kinect
2	Acople Kinect-Tripode
3	Filtro Magnético
4	Tripode
5	Conector Usb-Alimentacion macho

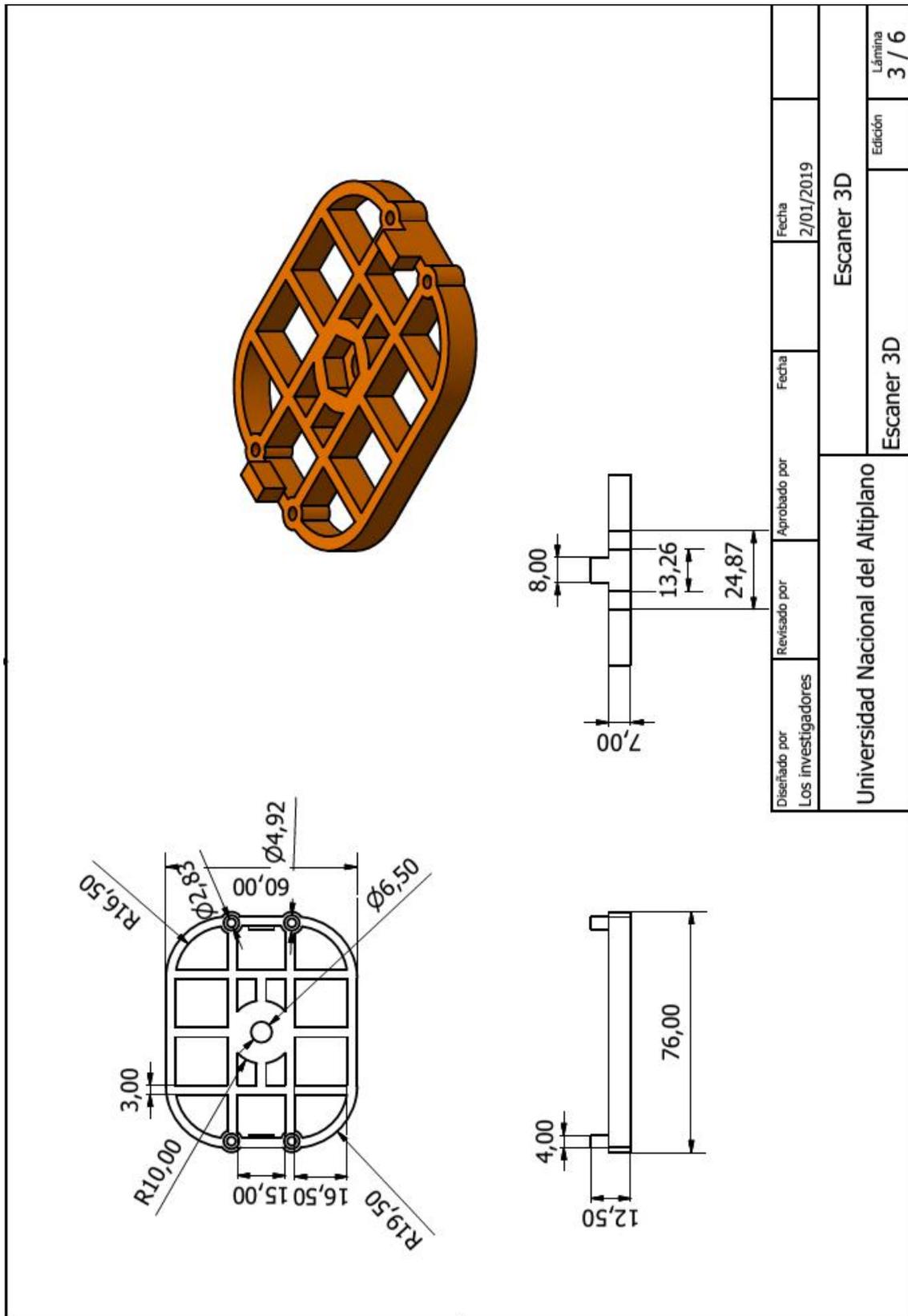
Diseñado por Los investigadores	Revisado por	Aprobado por	Fecha 2/01/2019	Fecha
Universidad Nacional del Altiplano			Escaner 3D	
			Edición	Lámina 1 / 6

Anexo 6.2. Diseño de sensor Kinect

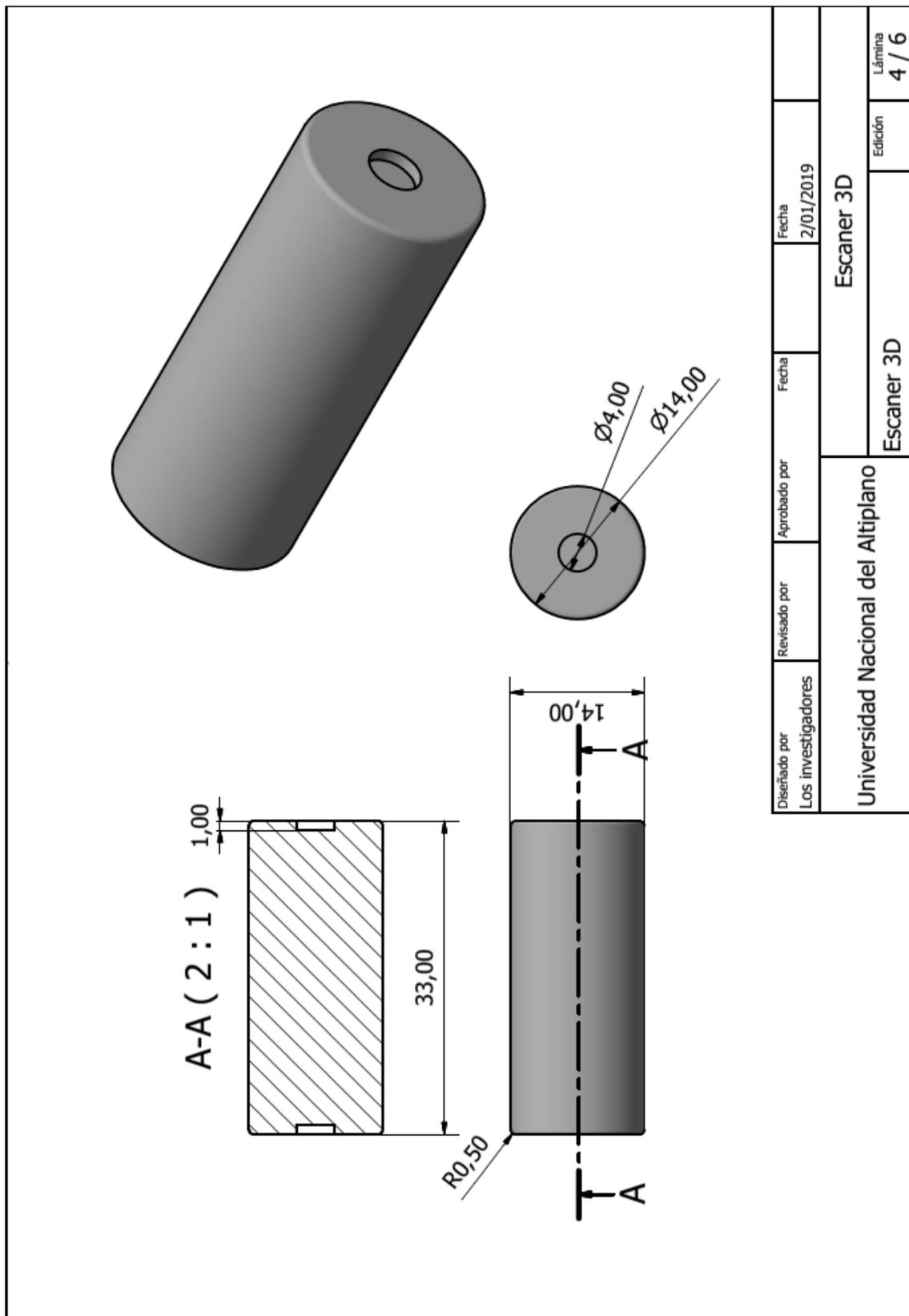


Diseñado por Los investigadores	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	Fecha
				2/01/2019	
Universidad Nacional del Altiplano			Escaner 3D		
			Escaner 3D		
			Edición		
			Lámina		
			2 / 6		

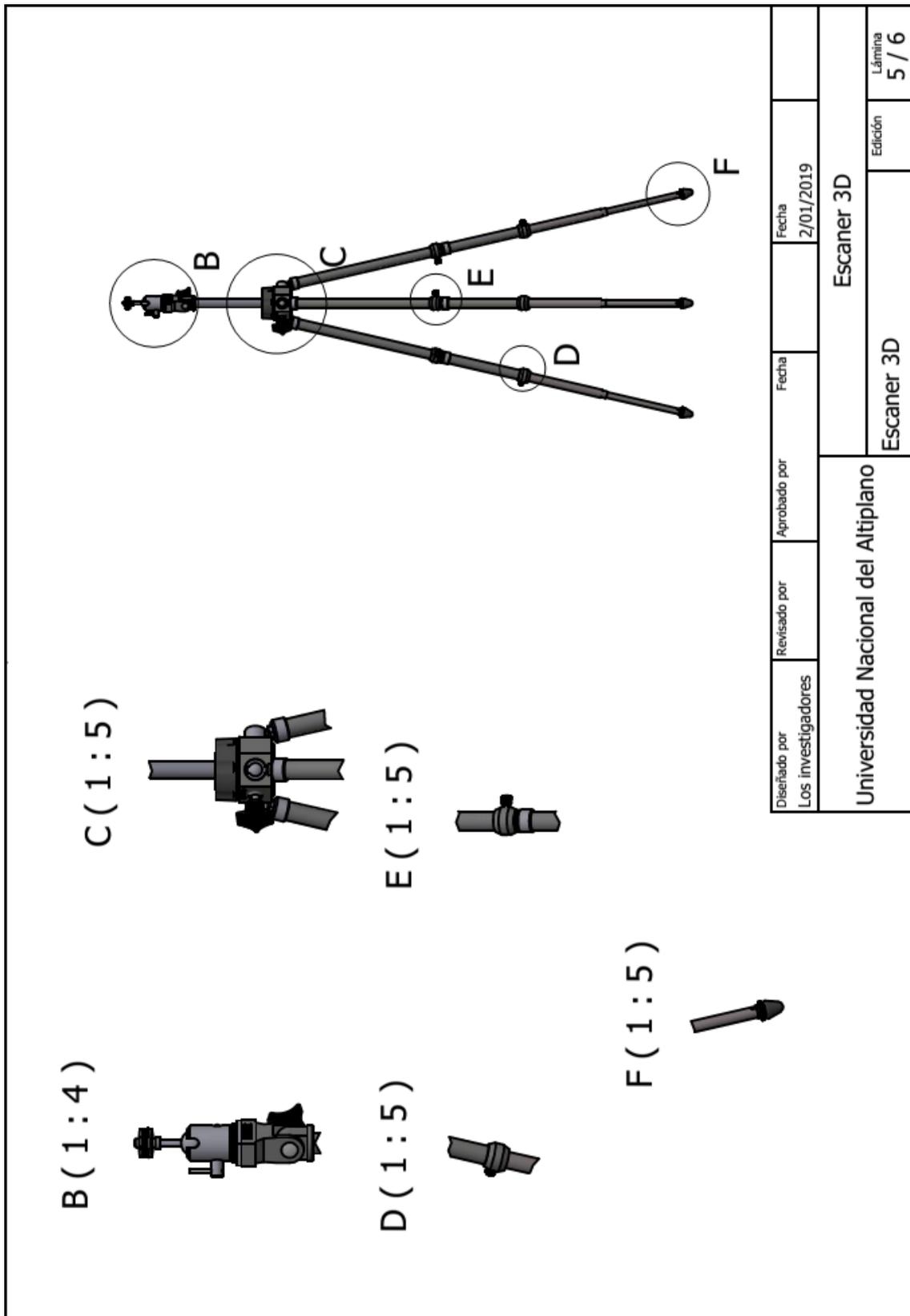
Anexo 6.3. Diseño de acople Kinect – Trípode



Anexo 6.4. Diseño de filtro magnético



Anexo 6.5. Detalles de Trípode



Diseñado por Los Investigadores	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha
			2/01/2019	
Universidad Nacional del Altiplano			Escaner 3D	
			Edición	Lámina
			Escaner 3D	5 / 6

7. FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE SENSOR KINECT

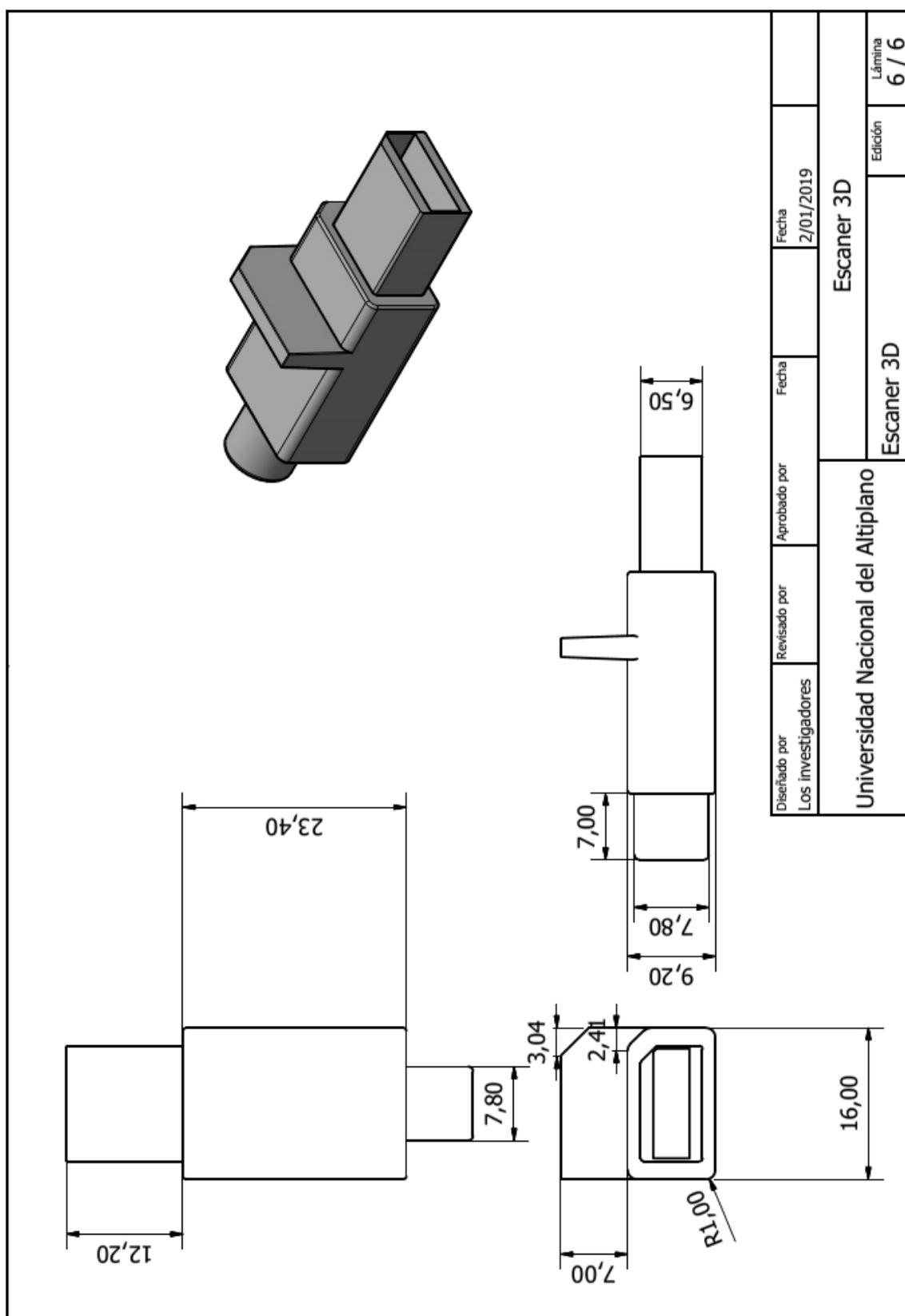
Anexo 7.1. Descripción de la fuente de alimentación

The diagram shows a power source assembly for a Kinect sensor. It includes a 12V power source (1), a magnetic filter (2), a 12V cable (3), a USB connector (4), and the Kinect sensor (5).

Lista de Partes			
Num.	Cant.	Parte	Descripción
1	1	Fuente de alimentación 12V	
2	2	Filtro Magnético	
3	1	Cable fuente 12V	
4	1	Conector Usb-Alimentacion	
5	1	Conector Usb	

Designed by Los Investigadores	Checked by	Approved by	Date 14/03/2019
Universidad Nacional del Altiplano			Escaner 3D
Fuente de Alimentación 12V			Sheet 1 / 1

Anexo 7.2. Diseño de conector Datos–Fuente de alimentación



### 8. COMPONENTES MECÁNICOS Y MATERIALES DE IMPRESORA 3D

#### Anexo 8.1. Detalles de rodamientos lineales



Model number	Specification		Main dimensions									
	Number of ball rows	Weight(g)	Inscribed circle		Outer diameter		Length			W	D1	
			Dr(mm)	Tolerance	D(mm)	Tolerance	L(mm)	Tolerance	B			Tolerance
LM3UU	4	1.4	3	0-0.008	7	0-0.009	10	0-0.12	10.2	0-0.2	1.1	9.6
LM4UU	4	1.9	4		8		12					
LM5UU	4	4	5		10		15					
LM6UU	4	8	6		12		19					
LM8UU	4	16	8	0-0.009	15	0-0.11	17	0-0.2	11.5	1.1	14.3	
LM8SUU	4	11	8		15		24					
LM10UU	4	30	10		19		29					
LM12UU	4	31.5	12		21		30					
LM13UU	4	43	13	0-0.013	23	0-0.11	32	0-0.2	23	1.3	22	
LM16UU	4	69	16		28		37					
LM20UU	5	87	20		32		42					
LM25UU	6	220	25		40		59					
LM30UU	6	250	30	0-0.012	45	0-0.016	64	0-0.3	44.5	0-0.3	1.85	43
LM35UU	6	390	35		52		70					
LM40UU	6	585	40		60		80					
LM50UU	6	1580	50		80		100					
LM60UU	6	2000	60	0-0.015	90	0-0.022	110	0-0.3	85	3.15	86.5	
LM80UU	6	4520	80		120		140					
LM100UU	6	8600	100		150		175					
LM120UU	8	15000	120		180		200					
LM150UU	8	20250	150	0-0.025	210	0-0.029	240	0-0.4	170.6	4.15	116	

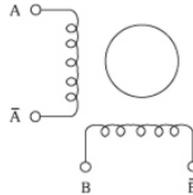
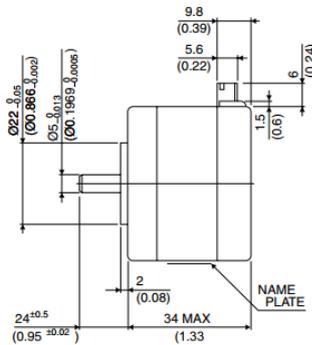
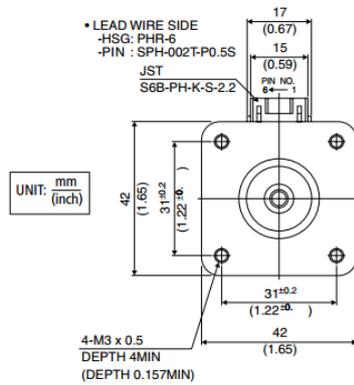
Anexo 8.2. Hoja técnica de motor de pasos

**33356-MS**  
**Motor Data**

Specifications

Model	Step Angle (deg)	Rated Voltage (v)	Rated Current (A)	Resistance (Ohms)	Holding Torque (mNm)	Inductance (mH)	Rotor Inertia (g·cm <sup>2</sup> )	Detent Torque (mNm)	Mass (g)
I7PM-K077BP01CN	1.8	10.2	0.3	34	280	60	37	9.8	200

Step Accuracy (deg)	Radial Play nanometers	End Play nanometers	Insulation R (Ohms)	Drive Sequence	Temp. Rise (deg. C°)
+/-0.09	20	80	100meg.	BI-POLAR	80



No.	Red	Blue	Yel	Org
1	+	+	-	-
2	-	+	+	-
3	-	-	+	+
4	+	-	-	+

PIN NO. vs. PHASE

PHASE	A	Ā	B	B̄
PIN NO.	4	5	6	3
COLOR	Red	Yel	Org	Blue



**MARLIN P. JONES & ASSOC., INC.**

P.O. Box 530400 Lake Park, Fl 33403

800-652-6733 FAX 561-844-8764

WWW.MPJA.COM

Anexo 8.3. Hoja técnica de tubos de metal

Perfiles cerrados

## TUBOS CUADRADOS

### 1.- DESCRIPCIÓN

Los tubos cuadrados ligeros, estructurales y de precisión fabricados por HIASA se conforman en frío partiendo de flejes de acero al carbono soldado longitudinalmente por inducción a alta frecuencia.

Su fabricación responde a las normas:

- Tubos estructurales: UNE-EN 10.219-1.
- Tubos de precisión: UNE-EN 10.305-5.

### 2.- APLICACIÓN

Construcción metálica, mecánica y edificación.

### 3.- GAMA DE FABRICACIÓN

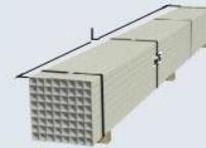
a x a Medida (mm)	PESO (kp/m) - UNIDADES POR EMPAQUETADO ESTÁNDAR															
	1,00 (mm)		1,20 (mm)		1,50 (mm)		2,00 (mm)		2,50 (mm)		3,00 (mm)		3,50 (mm)		4,00 (mm)	
16 x 16	0,44	361	0,52	306	0,62	240										
18 x 18	0,51	306	0,59	256	0,72	210										
20 x 20	0,57	289	0,67	240	0,81	196	1,02	144								
22 x 22	0,63	256	0,74	210	0,90	169	1,15	132								
25 x 25	0,73	225	0,86	182	1,05	144	1,34	110								
28 x 28	0,82	196	0,97	169	1,19	132	1,52	110								
30 x 30	0,88	182	1,05	156	1,28	144	1,65	100	1,99	81	2,30	81				
32 x 32	0,95	182	1,12	156	1,35	110	1,78	81	2,15	64	2,49	64				
35 x 35	1,04	156	1,23	110	1,52	121	1,96	81	2,38	64	2,77	64				
38 x 38	1,13	121	1,35	121	1,66	100	2,15	72	2,62	64	3,05	64				
40 x 40	1,20	121	1,42	121	1,75	100	2,28	81	2,78	56	3,24	56	3,68	49	4,09	42
45 x 45			1,61	90	1,99	81	2,59	72	3,17	49	3,71	42	4,23	42	4,72	42
50 x 50					2,22	72	2,91	56	3,56	49	4,18	36	4,78	36	5,35	36
52 x 52					2,32	72	3,03	56	3,72	49	4,37	36	5,00	36	5,60	36
55 x 55					2,46	64	3,22	49	3,95	49	4,66	36	5,33	36	5,97	36
60 x 60					2,69	64	3,53	49	4,35	36	5,13	30	5,88	30	6,60	30
65 x 65					2,93	64	3,85	64	4,74	42	5,60	42	6,43	36	7,23	36
70 x 70					3,17	64	4,16	64	5,13	42	6,07	42	6,98	36	7,86	36
75 x 75					3,40	56	4,48	56	5,52	42	6,54	42	7,53	36	8,49	36
80 x 80					3,64	56	4,79	56	5,92	36	7,01	36	8,08	30	9,11	30
90 x 90							5,42	49	6,70	36	7,95	36	9,18	25	10,37	25
100 x 100							6,05	42	7,49	30	8,89	30	10,28	25	11,63	25

**NOTA:** Las unidades por paquete son para largos estándar y pueden ser modificadas por HIASA o por acuerdo con el cliente.

## Perfiles cerrados TUBOS CUADRADOS

### 4.- CONDICIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO

-TOLERANCIAS PARA TUBOS CUADRADOS SEGÚN NORMAS:



#### UNE-EN 10.219-2.

- Espesor: (e)  $\leq 5$  mm:  $\pm 10\%$ .  
 $> 5$  mm:  $\pm 0,50$  mm.
- Dimensión nominal (a):
  - $\square$  16x16 a 22x22 :  $\pm 0,20$  mm.
  - $\square$  25x25 a 38x38 :  $\pm 0,25$  mm.
  - $\square$  40x40 a 50x50 :  $\pm 0,30$  mm.
  - $\square$  52x52 a 70x70 :  $\pm 0,40$  mm.
  - $\square$  75x75 a 100x100 :  $\pm 0,75$  mm.
- Longitud: (L)
  - L. Aproximada:  $L \geq 4.000$  mm -0 +50 mm.
  - L. Exacta:
    - $L < 6.000$  mm -0 +5 mm
    - $6.000 \leq L \leq 10.000$  mm -0 +15 mm.
    - $L > 10.000$  mm -0 +5 mm + 1 mm/m.
  - L. Exacta sobre pedido:
    - $300 \leq L \leq 13.000$  mm -0 +2 mm.
- Escuadría de los lados :  $\pm 1^\circ$ .
- Rectitud: 0,20% de la longitud total.
- Revirado máx : 2 mm + 0,5 L

**Nota:** Rebarbado interior según solicitud del cliente.

#### UNE-EN 10.305-5.

- Espesor: (e)  $\leq 1,5$  mm:  $\pm 0,15$  mm.  
 $> 1,5$  mm:  $\pm 0,1$  - e.  
 $> 3,5$  mm:  $\pm 0,35$  mm.
- Dimensión nominal (a):
  - $\square$  15x15 a 20x20 :  $\pm 0,20$  mm.
  - $\square$  25x25 a 35x35 :  $\pm 0,25$  mm.
  - $\square$  40x40 a 50x50 :  $\pm 0,30$  mm.
  - $\square$  60x60 :  $\pm 0,35$  mm.
  - $\square$  70x70 :  $\pm 0,40$  mm.
  - $\square$  80x80 :  $\pm 0,50$  mm.
- Longitud: (L)
  - L. Aproximada:  $L \geq 6.000$  mm -0 +100 mm.
  - L. Exacta:
    - $500 < L \leq 2.000$  mm -0 +3 mm.
    - $2.000 < L \leq 5.000$  mm -0 +5 mm.
    - $5.000 < L \leq 8.000$  mm -0 +10 mm.
  - L. Exacta sobre pedido:
    - $300 \leq L \leq 13.000$  mm -0 +2 mm.
- Escuadría de los lados :  $\pm 1^\circ$ .
- Rectitud: 0,15% de la longitud total.
- Revirado máx :  $\frac{a}{10}$

**Nota:** Rebarbado interior según solicitud del cliente.

### 5.- MATERIALES

	LAMINADO EN CALIENTE $1,5 \leq e \leq 6$ mm	LAMINADO EN FRÍO $1 \leq e \leq 3$ mm	ACERO GALVANIZADO $1 \leq e \leq 3$ mm
FABRICACIÓN ESTÁNDAR	UNE-EN 10.025 Acero no aleado para construcción metálica de uso general.	UNE-EN 10.130 Acero laminado en frío bajo en carbono para conformación y embutición en frío	UNE-EN 10.327 Acero bajo en carbono galvanizado en continuo por inmersión
S/PEDIDO	UNE-EN 10.149 Acero alto límite elástico para conformado en frío	UNE-EN 36.122 Acero alto límite elástico laminado en frío para conformado en frío	UNE-EN 10.326 Acero de construcción galvanizado en continuo por inmersión
S/PEDIDO	UNE-EN 10.111 Acero de bajo carbono para embutición	UNE-EN 36.121 Acero laminado en frío para contracción metálica	-
S/PEDIDO	UNE-EN 10.305-5 Tubos de acero para aplicaciones de precisión	-	-

Los tubos cuadrados soldados ligeros, estructurales y de precisión se pueden suministrar galvanizados en caliente por inmersión según UNE-EN ISO 1.461.



**HIERROS Y APLANACIONES, S. A.**  
 Polígono Industrial de Cancienes, s/n. 33470 - Corvera, Asturias ESPAÑA (SPAIN)  
 Tel: + (34) 985 128 200. Fax: + (34) 985 505 361  
 comercial\_hiasa@gonvarri.com - edificacion\_hiasa@gonvarri.com  
 www.hiasa.com



Anexo 8.4. Hoja técnica de lámina de acrílico



PLÁSTICOS ESPECIALES "GAREN", S.A. DE C.V.

Ficha técnica acrílico GAREN®  
Propiedades Mecánicas y físicas

PROPIEDAD	VALOR	METODO DE PRUEBA (ASTM)
<b>ÓPTICAS</b>		
Índice de refracción	1.49	ASTM 542
Transmisión de luz (%)		ASTM 1003
<4.5 mm.	92	
>4.5 mm.	90	
Haze(%)	2.0	ASTM 1003
<b>MECANICAS</b>		
Peso específico	1.18	ASTMD 792
Resistencia a la tensión	10,400	ASTMD 638
Elongación a la ruptura(%)	4.85	ASTMD 638
Modulo de Tensión(lbf./plg.)	452000	ASTMD 638
Resistencia a la flexión(lbf./plg.)	18,000-19,000	ASTMD 790
Resistencia al impacto Izod(ft.lb./plg.)	0.3-0.4	ASTMD 256
Dureza Rockwell	M 90 - 100	ASTMD 785
Dureza Barcol	50	ASTMD 2583
<b>TERMICAS</b>		
Temperatura de formado(°C)	140	
Temperatura máxima de servicio(°C)	80	
Temperatura de deflexión bajo carga	101.5	ASTMD 648
<b>VARIAS</b>		
Absorción de agua(24 hrs., 23°C)(%)	0.3	ASTMD 570

MEDIDA (ESPEORES)	120X180	120X240	180X180	180X240
2 mm.	•	•		
3 mm.	•	•	•	•
4 mm.	•	•	•	•
5 mm.	•	•	•	•
6 mm.	•	•	•	•
9 mm.	•	•	•	•
12 mm.	•	•	•	•
15 mm.	•	•	•	•
18 mm.	•	•	•	•
21 mm.	•	•	•	•
24 mm.	•	•	•	•

CARRIL NORTE LOTE 7-B CIUDAD INDUSTRIAL XICHTENCATL, TETLA, TLAXCALA C.P. 90430  
 TELS. (01-241) 41-270-07, 41-270-60, 41-270-88, 41-270-89 Y 41-270-90  
 FAX. (01-241) 41-270-90 Y 41-270-94

**GAREN**

PLÁSTICOS ESPECIALES "GAREN", S.A. DE C.V.

ESPESORES (mm)	TAMAÑOS m x m			
	1.20 x 1.80	1.20 x 2.40	1.80 x 2.40	1.80 x 1.80
2.0	1.29 - 2.55		-	
2.5	1.76 - 3.03		1.50 - 3.03	
3.0	2.24 - 3.50		1.98 - 3.50	
3.2	2.42 - 3.68		2.16 - 3.94	
4.0	2.87 - 4.34		2.51 - 4.52	
5.0	3.78 - 5.35		3.65 - 5.45	
6.0	4.46 - 6.24		4.43 - 6.34	
9.0	7.48 - 9.76		7.35 - 9.89	
12.0	10.22 - 12.76		10.09 - 12.88	
15.0	13.15 - 15.90		13.00 - 16.05	
18.0	15.97 - 18.76		15.72 - 19.02	
21.0	19.05 - 21.84		18.42 - 22.48	
24.0	21.79 - 24.58		21.16 - 25.22	

COLORES	ACRÍLICO	ACRÍLICO TRANSPARENTE	ACRÍLICO OPACO	ACRÍLICO LUMINISCENTE	ACRÍLICO FLUORESCENTE
CRISTAL	•				
HUMO	•				
HUMO OSCURO		•			
OPALINO	•				
VERDE VIDRIO	•				
BLANCO	•				
BLANCO OPACO	•				
ROJO		•	•	•	•
AZUL		•	•	•	
AMBAR		•	•	•	
VERDE		•	•	•	•
AMARILLO		•	•	•	•
NARANJA		•	•	•	
NEGRO			•		

CARRIL NORTE LOTE 7-B CIUDAD INDUSTRIAL XICOHTENCATL, TETLA, TLAXCALA C.P. 90430  
 TELS. (01-241) 41-270-07, 41-270-60, 41-270-88, 41-270-89 Y 41-270-90  
 FAX. (01-241) 41-270-90 Y 41-270-94

2

## 9. COMPONENTES MECANICOS DEL ESCANER 3D

### Anexo 9.1. Hoja técnica de melamina



**TECNOTABLA**  
EL MDF DE BUENA MADERA  
by PROTEAK

FICHA TÉCNICA MELAMINA



MARCA  
LA TENDENCIA,  
PIDE  
TECNOTABLA

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

	NORMA	UNIDADES	9/12mm	12/19mm
DENSIDAD ESTÁNDAR	EN 323	kg/m <sup>3</sup>	735/720	720/675
DENSIDAD LIGERO	EN 323	kg/m <sup>3</sup>	650/600	650/600
TRACCIÓN INTERNA ESTÁNDAR	EN 819	N/mm <sup>2</sup>	0.77 +/- 0.15	0.75 +/- 0.15
TRACCIÓN INTERNA LIGERO	EN 819	N/mm <sup>2</sup>	0.75 +/- 0.15	0.71 +/- 0.15
RESISTENCIA FLEXIÓN ESTÁNDAR	EN 810	N/mm <sup>2</sup>	29 +/- 5	28 +/- 5
RESISTENCIA FLEXIÓN LIGERO	EN 810	N/mm <sup>2</sup>	27	24.5
MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁNDAR	EN 810	N/mm <sup>2</sup>	3,000	2,750
MÓDULO DE ELASTICIDAD LIGERO	EN 810	N/mm <sup>2</sup>	2,500	2,300
HINCHAMIENTO EN AGUA 24 H	EN 317	%	15	12
ESTABILIDAD DIMENSIONAL LARGO/ANCHO	EN 318	%	0.4	0.4
ESTABILIDAD DIMENSIONAL ESPESOR	EN 318	%	6	6
TRACCIÓN SUPERFICIAL	EN 311	N/mm <sup>2</sup>	1.2	1.2
ABSORCIÓN SUPERFICIAL (AMBAS CARAS)	EN 382-1	mm	150	150
HUMEDAD	EN 322	%	8 +/- 3	8 +/- 3
CONTENIDO EN SILICE	ISO 3340	% Peso	≤ 0.05	≤ 0.05
EMISIÓN E1	EN 120	mg/100 g	≤ 10	≤ 10
EMISIÓN E2	EN 120	mg/100 g	≤ 30	≤ 30

#### ESPEORES

9mm	12mm	15mm	18mm
-----	------	------	------

#### HOJAS POR PAQUETE

93	70	56	47
----	----	----	----

#### SUSTRATO

#### MDF

Dimensiones (m)	1.22 x 2.44
-----------------	-------------

#### TOLERANCIA EN DIMENSIONES NOMINALES

PROPIEDADES	TEST DE REFERENCIA	UNIDADES	ESPEORES mm	
			9/12mm	12/19mm
ESPEOR	EN 324-1	mm	+/- 0.2	+/- 0.2
LONGITUD Y ANCHO	EN 324-1	mm	+/- 2 mm/m, máx +/- 5 mm	+/- 2 mm/m, máx +/- 5 mm
ESCUADRADO	EN 324-1	mm/m	+/- 2	+/- 2
RECTITUD DE BORDE	EN 324-1	mm/m	+/- 1.5	+/- 1.5

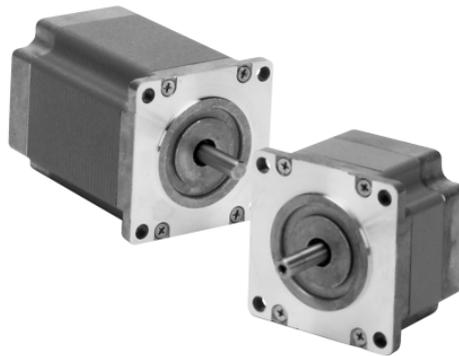
\* Todos los datos se consideran orientativos y están calculados conforme a normas europeas  
\* Otros espesores sobre pedido

Anexo 9.2. Hoja técnica de motor de pasos nema 23

**Superior** STEP MOTORS  
Electric

# KM06

High Torque 60mm Frame Size  
(NEMA Size 23)

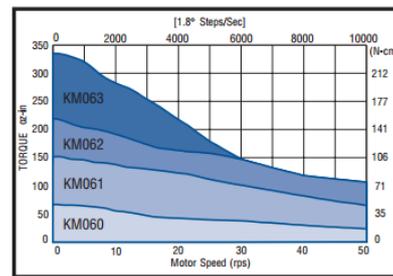


www.DanaherMotion.com • 704-588-5693

6

### Performance Envelope

(see page 9 for detailed torque-speed curves)



- Up to 200% rated torque reserve capacity
- ± 2% typical step accuracy
- Terminal box, encoders, precision gearheads and rear shafts available
- Available with four or six leads
- Customized configurations available

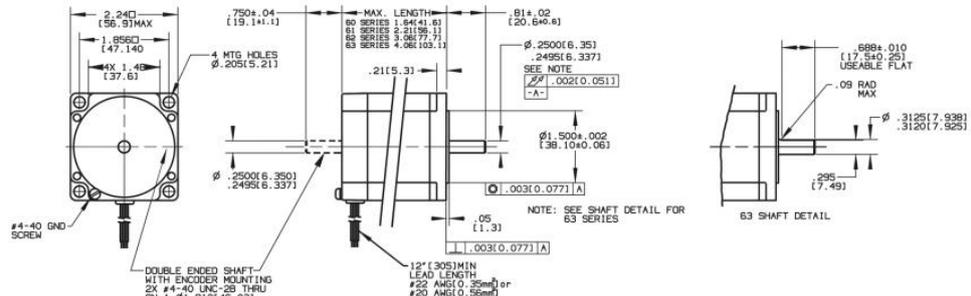


Motor Frame	Minimum Holding Torque		Rotor Inertia oz-in-s <sup>2</sup> (kg-cm <sup>2</sup> )	*Weight		Maximum Shaft Load		Minimum Residual Torque oz-in (N-cm)
	Unipolar 2Ø on	Bipolar 2Ø on		Net	Ship	Overhang	Thrust	
	oz-in (N-cm)	oz-in (N-cm)		lb (kg)	lb (kg)	lb (kg)	lb (kg)	
KM060	54 (38)	68 (48)	0.00154 (0.108)	1.03 (0.47)	1.1 (0.050)	15 (6.8)	25 (11)	2.0 (1.4)
KM061	128 (90.4)	170 (120)	0.0034 (0.24)	1.6 (0.73)	1.7 (0.77)	15 (6.8)	25 (11)	3.0 (2.1)
KM062	188 (133)	250 (177)	0.0056 (0.395)	2.3 (1.04)	2.5 (1.1)	15 (6.8)	25 (11)	6.0 (4.2)
KM063	263 (186)	350 (247)	0.0084 (0.593)	3.2 (1.45)	3.4 (1.5)	15 (6.8)	25 (11)	7.0 (4.9)

\* Weight for motor with leads (add approximately 0.2 lbs for terminal box).

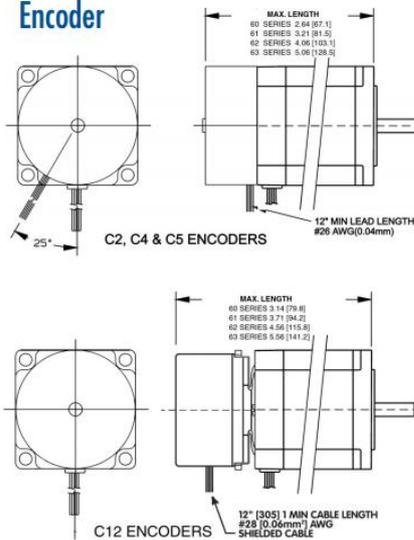
**Superior Electric** STEP MOTORS

**KM06: Motor Dimensions**



Add "E" to model number for double ended shaft. Example: M062-LS03E

**Encoder**



**Add to Model Number:**

- C2 200 lines per rev.
- C4 400 lines per rev.
- C5 500 lines per rev.
- C12 1250 lines per rev.

---

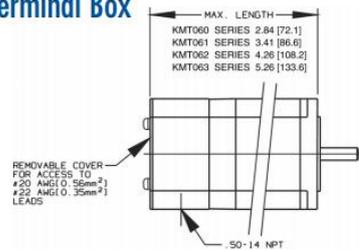
Outputs: A, B, Index,  
 $\bar{A}$ ,  $\bar{B}$ , Index,

Differential Line Drivers supplied

Example: KML063S09C5

For encoder specifications see pages 22-23

**Terminal Box**



**Change to Model Number:**

Example: KMT063S09 (triple stack, terminal box, six leads, 4.7 amp winding)

www.DanaherMotion.com • 704-588-5693

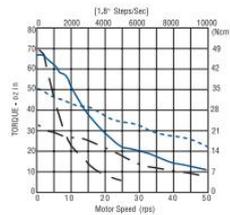
8

**KM06**

**24 V Bipolar - Full Step**

24 volt data measured with SS2000MD4 drive.

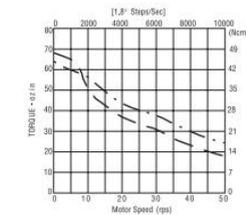
**KM060**



KM□060F02 - 1.0 A peak    KM□060F05 - 1.0 A peak  
KM□060F05 - 2.5 A peak    KM□060F11 - 3.5 A peak

**36 V Bipolar - Full Step**

36 volt data measured with SS2000MD4 drive.



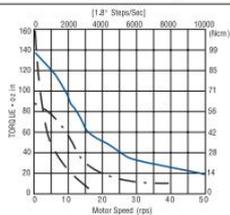
KM□060F05 - 2.5 A peak    KM□060F08 - 3.5 A peak

**72 V Bipolar - Microstep**

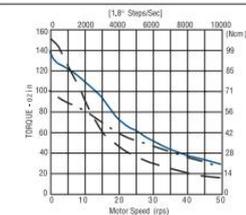
72 volt data measured with MD808 drive

- The curves do not show system resonances which will vary with system mechanical parameters.
- Duty cycle is dependent on torque, speed, drive parameters, and heat sink conditions. Maximum case temperature is 100°C.

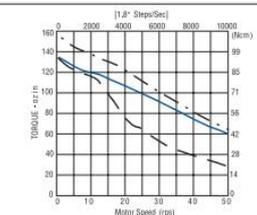
**KM061**



KM□061F02 - 1.0 A peak    KM□061F04 - 1.0 A peak  
KM□061F08 - 3.5 A peak

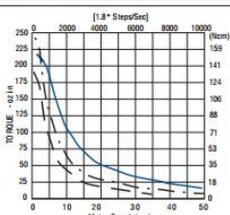


KM□061F05 - 2.5 A peak    KM□061F08 - 2.5 A peak  
KM□061F08 - 3.5 A peak

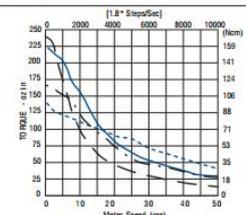


KM□061F05 - 3.0 A peak    KM□061F08 - 6.0 A peak  
KM□061F11 - 7.5 A peak

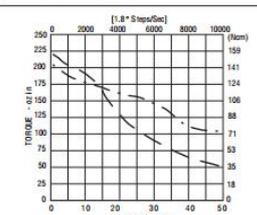
**KM062**



KM□062F03 - 1.0 A peak    KM□062F05 - 2.5 A peak  
KM□062F08 - 3.5 A peak

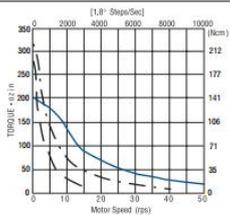


KM□062F05 - 2.5 A peak    KM□062F08 - 2.5 A peak  
KM□062F08 - 3.5 A peak    KM□062F13 - 3.5 A peak

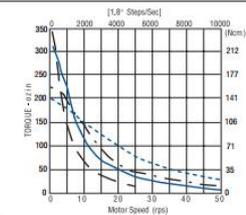


KM□062F07 - 4.0 A peak    KM□062F13 - 8.0 A peak

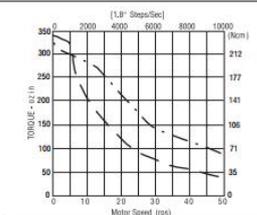
**KM063**



KM□063F03 - 1.0 A peak    KM□063F07 - 3.0 A peak  
KM□063F13 - 3.5 A peak



KM□063F04 - 2.0 A peak    KM□063F08 - 2.5 A peak  
KM□063F07 - 3.0 A peak    KM□063F13 - 3.5 A peak



KM□063F07 - 4.0 A peak    KM□063F13 - 8.0 A peak

www.DanaherMotion.com • 704-588-5693

**10. COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE IMPRESORA 3D**

*Anexo 10.1. Tabla de componentes de tarjeta Ramps 1.4.*

ID	Descripción	Cant.	Código de producto	Numero de pieza
U1	Arduino Mega	1	2560 or 1280	(BOARD MCU MEGA2560)
U2, U3, U4, U5	Driver Pololu	4	A4988	
C2	100nF capacitor (0805)(> highest planned voltage)	1		(CAP CER 0.1UF 25V 10% X7R 0805)
C2, C5, C8	10uF capacitor (153CLV-0405)(>5V)	3		(CAP ALUM 10UF 25V 20% SMD)
C3,C4,C6,C7,C9,C10	100uF capacitor (153CLV-0605)(> highest planned voltage)	6		(CAP ALUM 100UF 16V 20% SMD)
R1,R7,R11,R21,R22	4.7K resistor (0805)(1%)	5		(RES 4.70K OHM .4W 1% 0805)
R2,R3,R4,R5,R6,R8, R9,R10	100K resistor (0805)	8		(RES 100K OHM .4W 1% 0805)
R12	1K resistor (0805)	1		RES 1.00K OHM .4W 1% 0805)
R23, R24, R25	1.8K resistor (0805)	3		(RES 1.80K OHM 1/8W 1% 0805)
R16,R17,R18,R19,R20	10K resistor (0805)	5		(RES 10.0K OHM 1/8W 1% 0805)
R13,R14,R15	10 ohm resistor (0805)	3		(RES 10.0 OHM .33W 1% 0805)
Q1,Q2,Q3	N-Channel Mosfet	3	STP55NF06L	(MOSFET N-CH 60V 55A TO-220)
D1,D2	Diodo	2	1N4004	(DIODE GEN PURPOSE 400V 1A DO41)

F1	PTC resettable fuse (30V, Hold5A, Trip10A)	1	MF-R500	(FUSE PTC RESETTABLE 5A HOLD)
F2	PTC resettable fuse (Hold11A)	1	MF-R1100	(POLYSWIT CH RGE SERIES 11.0A HOLD)
J2	D8- D10 Outputs // 6 position screw terminal (min 11A per contact) OR Jack/Plug connector pair	1	282837-6	(CONN TERMINAL BLOCK 6POS 5.08MM)
LED1	Green LED (0805)	1		(LED GREEN DIFF 0805 SMD)
LED2,LED3,LED4	Red LED (0805)	3		(LED HI EFF RED DIFF 0805)
S1	Push button switch	1	B3F-3100	(SWITCH TACT RA H=6.35MM)
X1	Power jack (Plug and fixed receptacle)(M in 11A per position more is better)	1	MSTBA 2,5 and MSTBT 2,5 (5.04mm spacing 4 connector)	(CONN HEADER 4POS 5.08MM R/A TIN)
	2 x 3 pin header	8	961206- 6404-AR	(CONN HEADER VERT DUAL 6POS GOLD)
	4 pin header	5	961104-6404-AR	(CONN HEADER VERT SGL 4POS GOLD)
	6 pin header		961106- 6404-AR	(CONN HEADER VERT SGL 6POS GOLD)
	2 x 18 Pin Stackable Female Header (non stackables can be used with plated through holes)	1		(CONN HEADER FMAL 36PS.1" DL GOLD) - Not Stackable
	8 Pin Stackable Female Header (non	5		(CONN HEADER FEMALE 8POS .1" GOLD) - Not Stackable

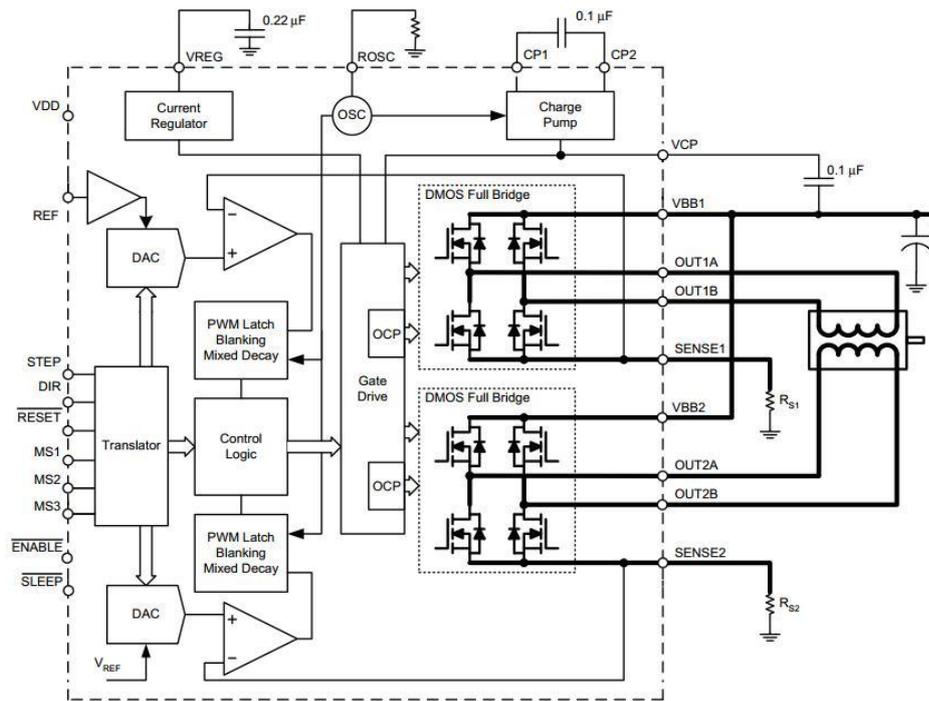
	stackables can be used with plated through holes)			
	6 Pin Stackable Female Header (non stackables can be used with plated through holes)	1		(CONN HEADER FEMALE 6POS .1" GOLD) - Not Stackable
	24 Pin Female Header * Note *	2	required to carry enough current for motors	(CONN HEADER FEMALE 24POS .1" GOLD) - Rated @ 3A / Pin
	8 Pin Female Header * Note *	4	Required to carry enough current for motors	(CONN HEADER FEMALE 8POS .1" GOLD) - Rated @ 3A / Pin
	0.1" Jumpers	5	1	(SHUNT LP W/HANDLE 2 POS 30AU)
	Circuit Board	1	v1.4	N/A

Anexo 10.2. Hoja de datos de driver de motor a pasos

A4988

*DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection*

Functional Block Diagram



**A4988**

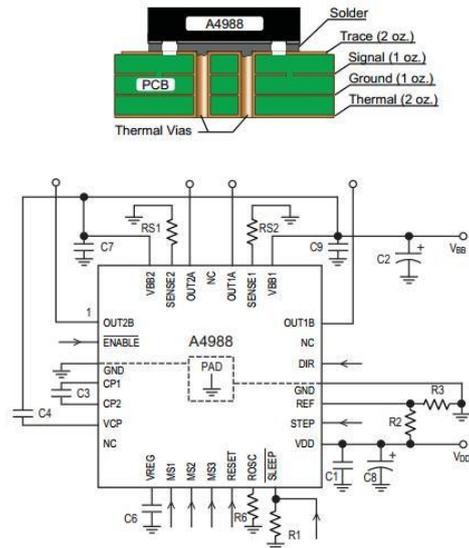
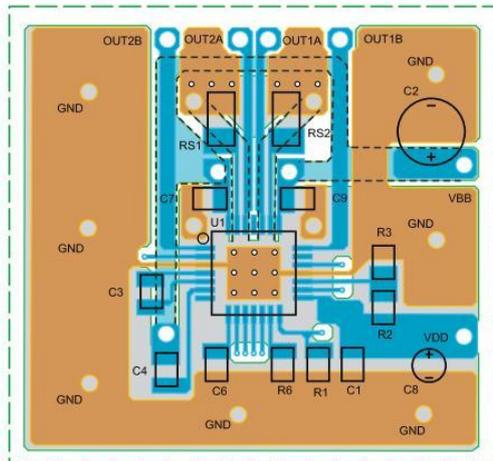
***DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection***

**Application Layout**

**Layout.** The printed circuit board should use a heavy ground-plane. For optimum electrical and thermal performance, the A4988 must be soldered directly onto the board. Pins 6, 7, 18, and 19 are internally fused, which provides a path for enhanced thermal dissipation. These pins should be soldered directly to an exposed surface on the PCB that connects to thermal vias are used to transfer heat to other layers of the PCB.

In order to minimize the effects of ground bounce and offset issues, it is important to have a low impedance single-point ground, known as a *star ground*, located very close to the device. By making the connection between the pad and the ground plane directly under the A4988, that area becomes an ideal location for a star ground point. A low impedance ground will prevent ground bounce during high current operation and ensure that the supply voltage remains stable at the input terminal.

The two input capacitors should be placed in parallel, and as close to the device supply pins as possible. The ceramic capacitor (CIN1) should be closer to the pins than the bulk capacitor (CIN2). This is necessary because the ceramic capacitor will be responsible for delivering the high frequency current components. The sense resistors, RSx, should have a very low impedance path to ground, because they must carry a large current while supporting very accurate voltage measurements by the current sense comparators. Long ground traces will cause additional voltage drops, adversely affecting the ability of the comparators to accurately measure the current in the windings. The SENSEx pins have very short traces to the RSx resistors and very thick, low impedance traces directly to the star ground underneath the device. If possible, there should be no other components on the sense circuits.



A4988

**DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection**

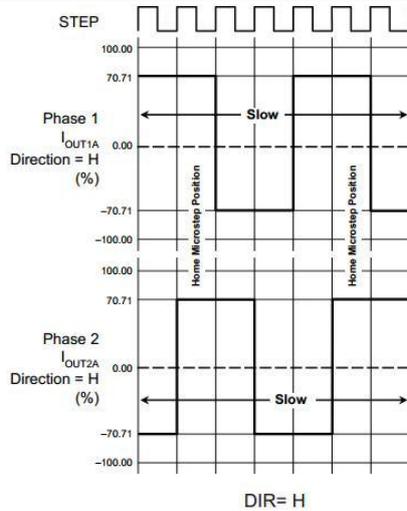


Figure 8. Decay Mode for Full-Step Increments

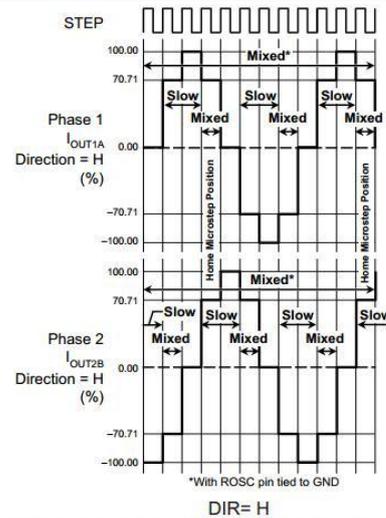


Figure 9. Decay Modes for Half-Step Increments

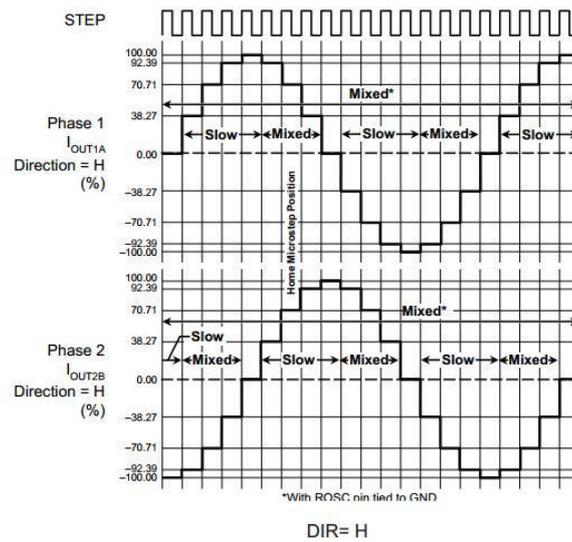


Figure 10. Decay Modes for Quarter-Step Increments

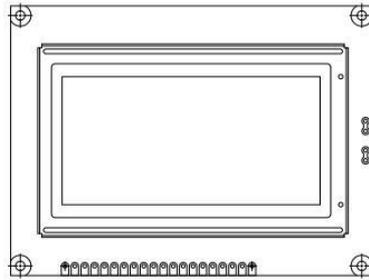
Anexo 10.3. Hoja técnica de LCD



LCD-128H064A

Vishay

128 x 64 Graphic LCD



FEATURES

- Type: Graphic
- Display format: 128 x 64 dots
- Built-in controller: Samsung KS 0107/KS 0108 (or equivalent)
- Duty cycle: 1/64
- + 5 V power supply
- N.V. built-in
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC



RoHS COMPLIANT

MECHANICAL DATA		
ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	93.0 x 70.0	mm
Viewing Area	72.0 x 40.0	
Dot Size	0.48 x 0.48	
Dot Pitch	0.52 x 0.52	
Mounting Hole	88.0 x 65.0	
Character Size	N/a	

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS					
ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	$V_{DD}$ to $V_{SS}$	4.75	5.0	5.25	V
Input Voltage	$V_I$	-0.3	-	$V_{DD}$	

Note  
 •  $V_{SS} = 0$  V,  $V_{DD} = 5.0$  V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	
Input Voltage	$V_{DD}$	L level	0.7 $V_{DD}$	-	$V_{DD}$	V
	$V_{IO}$	H level	0	-	0.3 $V_{DD}$	
Supply Current	$I_{DD}$	$V_{DD} = +5$ V	-	2.5	7.5	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temperature Version Module	$V_{DD}$ to $V_0$	-20 °C	9.9	10.4	10.9	V
		0 °C	9.7	10.2	10.7	
		25 °C	8.9	9.4	9.9	
		50 °C	8.6	9.1	9.6	
		70 °C	8.4	8.9	9.4	
LED Forward Voltage	$V_F$	25 °C	-	4.2	4.6	V
LED Forward Current - Array	$I_F$	25 °C	-	330	660	mA
LED Forward Current - Edge			-	120	240	
EL Power Supply Current	$I_{EL}$	$V_{EL} = 110$ V <sub>AC</sub> , 400 Hz	-	-	5.0	mA

OPTIONS									
TN	PROCESS COLOR					BACKLIGHT			
	STN Gray	STN Yellow	STN Blue	FSTN B&W	STN Color	None	LED	EL	CCFL
	x	x	x	x		x	x	x	

For detailed information, please see the "Product Numbering System" document.

Document Number: 37329  
 Revision: 16-Mar-09

For technical questions, contact: [displays@vishay.com](mailto:displays@vishay.com)

[www.vishay.com](http://www.vishay.com)

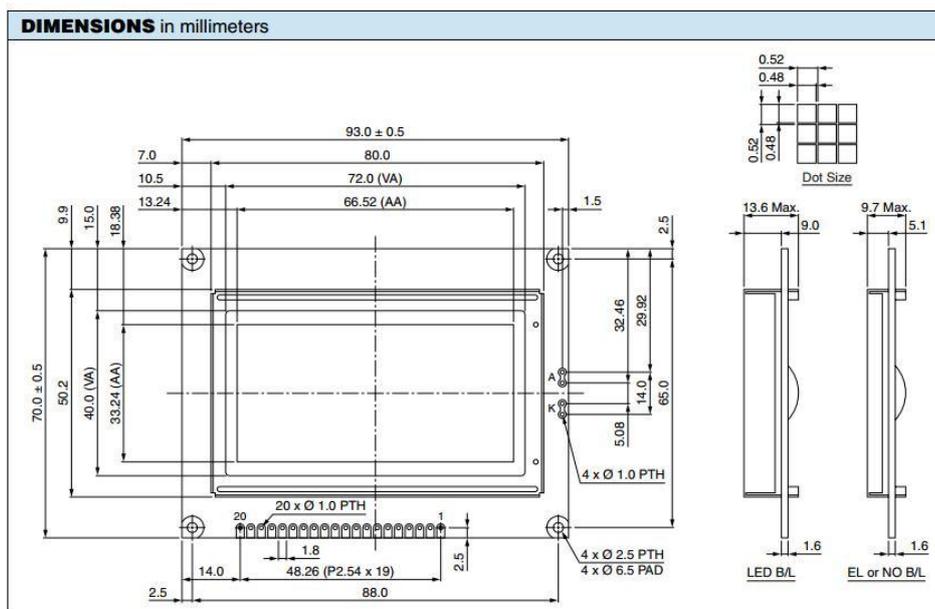
**LCD-128H064A**

Vishay

128 x 64 Graphic LCD



INTERFACE PIN FUNCTION		
PIN NO.	SYMBOL	FUNCTION
1	V <sub>SS</sub>	Ground
2	V <sub>DD</sub>	Power supply (+ 5 V)
3	V <sub>0</sub>	Contrast adjustment
4	D/I	Data/Instruction
5	R/W	Data read/write
6	E	H → L enable signal
7	DB0	Data bus line
8	DB1	Data bus line
9	DB2	Data bus line
10	DB3	Data bus line
11	DB4	Data bus line
12	DB5	Data bus line
13	DB6	Data bus line
14	DB7	Data bus line
15	CS1	Chip select for IC1
16	CS2	Chip select for IC1
17	RST	Reset
18	V <sub>EE</sub>	Negative voltage output
19	A	Power supply for LED (+ 4.2 V), R <sub>A</sub> = 0 Ω
20	K	Power supply for LED (0 V)



www.vishay.com  
2

For technical questions, contact: [displays@vishay.com](mailto:displays@vishay.com)

Document Number: 37329  
Revision: 16-Mar-09

*Anexo 10.4. Hoja técnica de fuente ATX*

**UNYKA<sup>CH</sup>**

Version: 14-11-17

**SFX 450W**

**80 MM INSIDE**

**FUENTE SFX 450W**

*Fuente de alimentación 450W*

[www.unykach.com](http://www.unykach.com)

Output	Voltage	Current	Power
3.3V	1.5A	4.5W	
5V	2.1A	10.5W	
12V	3.75A	45W	
5V SB	0.5A	2.5W	
PS ON/OFF	5V	0.5A	

# FUENTE SFX 450W

EAN: 6940533541264  
P/N: 52013



La fuente de alimentación 52013 en formato SFX Micro ATX de 450W, dispone de múltiples sistemas de protección contra sobretensión, baja tensión, sobreintensidad y cortocircuitos. Incluye, además, ventilador de 80 mm ultra silencioso.



## CERTIFICADOS

CE	SI	EN60950	SI	80+BRONCE	NO
ROHS	SI	TÜV	SI	ErP 617/2013	NO

## ESPECIFICACIONES

VERSIÓN	INTEL 2.3
DIMENSIONES	100 mm x 125 mm x 65 mm
COLOR	GRIS
LUZ NEÓN	NO
INTERRUPTOR	SI
VENTILADOR	1 x 80 mm
CONECTOR SATA	1 X 330 mm + 1 x 480 mm
CONECTOR 4 PIN 12V	1 x 430 mm
CONECTOR MOLEX 4 PIN	1 x 330 mm + 1 x 480 mm
CONECTOR 6 PIN PCI-E	NO
CONECTOR 20+4 PIN	1 x 320 mm
PROTECCIONES	OVP / UVP/ OTP / OCP/ OLP/ OPP/ SCP
CABLE ALIMENTACIÓN	NO

AC Input 230V 3-5A 50-60Hz

Serial: 52013

OUTPUT VOLTAGE	+ 3,3V	+ 5V	+ 12V1	- 12V	+ 5VSB
CORRIENTE	20 A	20 A	23 A	0,5 A	2 A
POTENCIA	66 W	100 W	276 W	6 W	10 W
TOTAL	450 W				

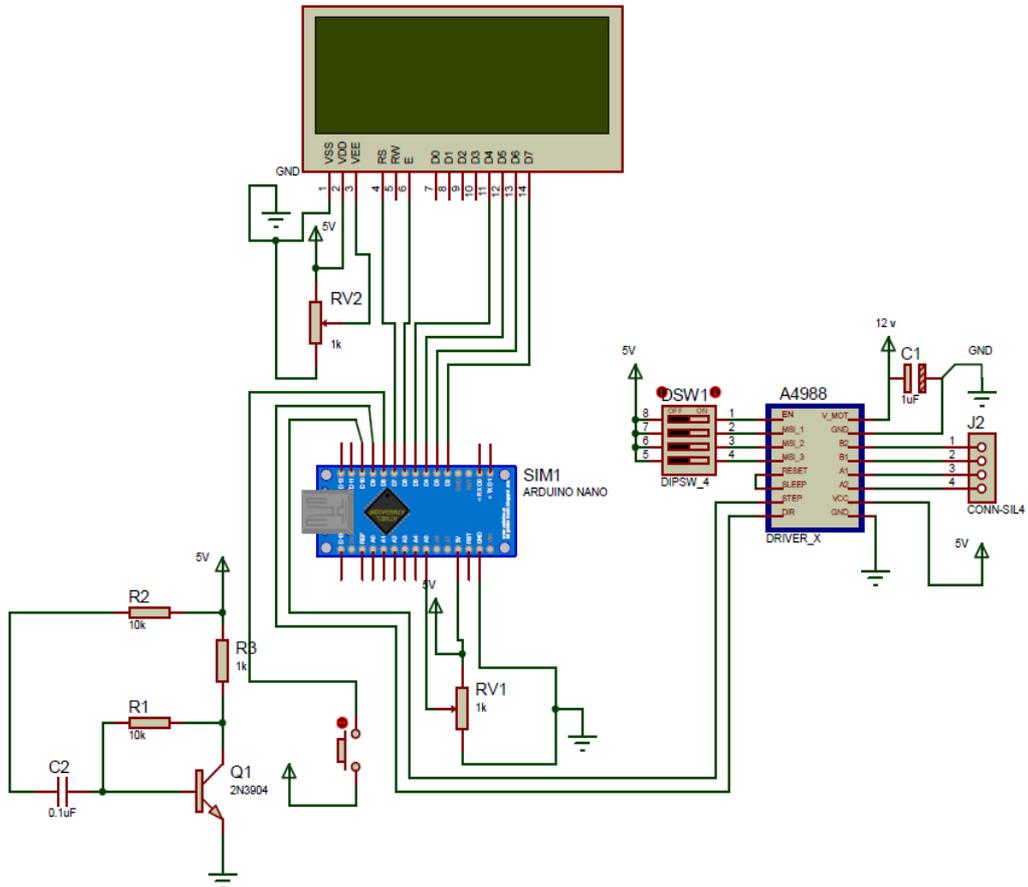
## PACKAGING

DIMENSIONES	130 x 155 x 75 mm
PESO	718 gr.
TIPO	BOX

[www.unykach.com](http://www.unykach.com)

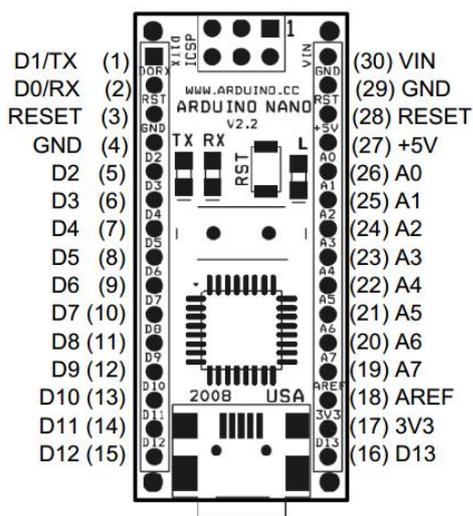
## 11. COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE PLATAFORMA ROTATORIA DE ESCÁNER 3D

*Anexo 11.1. Diagrama de controlador*



Anexo 11.2. Placa Arduino Nano

**Arduino Nano Pin Layout**



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

### *Anexo 11.3. Hoja técnica de LCD 20X04*

#### **Systronix 20x4 LCD Brief Technical Data**

July 31, 2000

Here is brief data for the Systronix 20x4 character LCD. It is a DataVision part and uses the Samsung KS0066 LCD controller. It's a clone of the Hitachi HD44780. We're not aware of any incompatibilities between the two - at least we have never seen any in all the code and custom applications we have done.

This 20x4 LCD is electrically and mechanically interchangeable with 20x4 LCDs from several other vendors. The only differences we've seen among different 20x4 LCDs are:

- 1) LED backlight brightness, voltage and current vary widely, as does the quality of the display
- 2) There is a resistor "Rf" which sets the speed of the LCD interface by controlling the internal oscillator frequency. Several displays we have evaluated have a low resistor value. This makes the display too slow. Looking at the Hitachi data sheet page 56, it appears that perhaps the "incorrect" resistor is really intended for 3V use of the displays.

At 5V the resistor Rf should be 91 Kohms. At 3V it should be 75 Kohms. Using a 3V display at 5V is acceptable from a voltage standpoint (the display can operate on 3-5V) but the oscillator will then be running too slowly. One fix is to always check the busy flag and not use a fixed time delay in your code, then it will work regardless of the LCD speed. The other option is to always allow enough delay for the slower display.

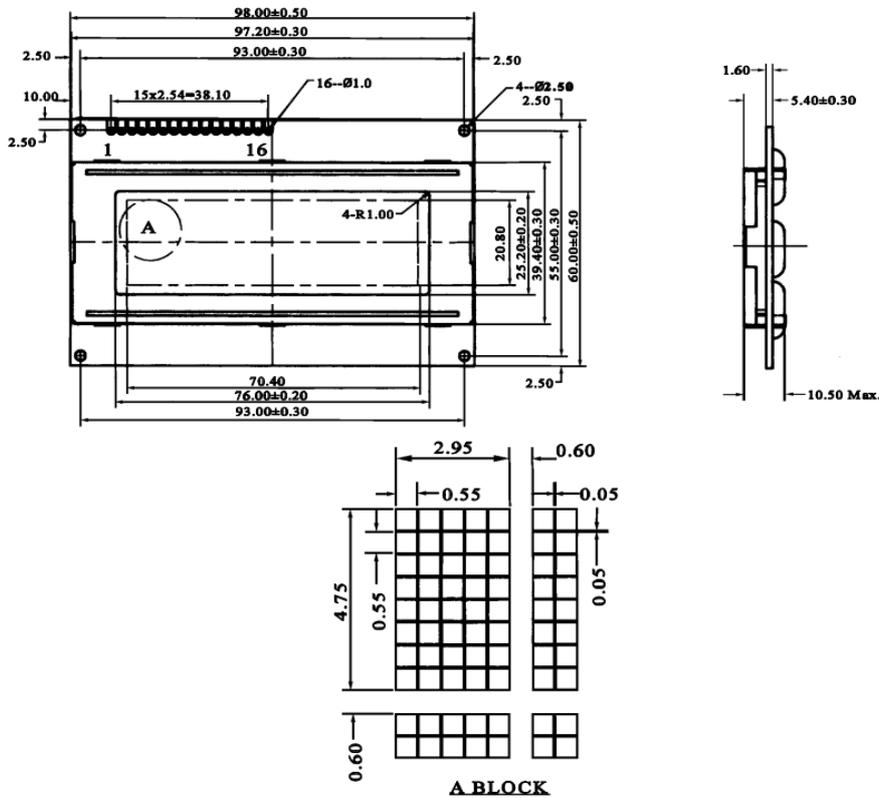
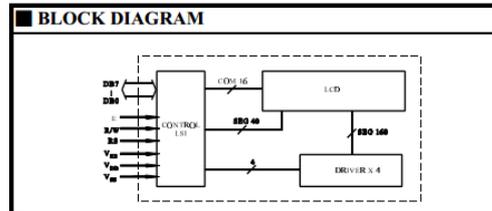
**All Systronix 20x4 LCDs have the 91 Kohm resistor and are intended for 5V operation.**

Thank you for purchasing Systronix embedded control products and accessories. If you have any other questions please email to [support@systronix.com](mailto:support@systronix.com) or phone +1-801-534-1017, fax +1-801-534-1019.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS					
Item	Symbol	Standard Value			Unit
		Min.	Typ.	Max.	
Supply Voltage for Logic	V <sub>DD</sub>	0	—	7.0	V
Supply Voltage for LCD Driver	V <sub>DD</sub> -V <sub>EE</sub>	—	—	13.5	V
Input Voltage	V <sub>I</sub>	V <sub>SS</sub>	—	V <sub>DD</sub>	V
Operature Temp.	T <sub>opr</sub>	0	—	50	°C
Storage Temp.	T <sub>stg</sub>	-20	—	70	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (REFLECTIVE TYPE)						
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input "High" Voltage	V <sub>IH</sub>	—	2.2	—	V <sub>EE</sub>	V
Input "Low" Voltage	V <sub>IL</sub>	—	—	—	0.6	V
Output "High" Voltage	V <sub>OH</sub>	I <sub>OH</sub> =0.2mA	2.2	—	—	V
Output "Low" Voltage	V <sub>OL</sub>	I <sub>OL</sub> =1.2mA	—	—	0.4	V
Supply Current	I <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub> =5.0A	—	2.5	4.0	mA

PIN FUNCTIONS					
No	Symbol	Function	No	Symbol	Function
1	V <sub>SS</sub>	GND, 0V	10	DB3	Data Bus
2	V <sub>DD</sub>	+5V	11	DB4	—
3	V <sub>EE</sub>	for LCD Drive	12	DB5	—
4	RS	Function Select	13	DB6	—
5	R/W	Read/Write	14	DB7	—
6	E	Enable Signal	15	LEDA	LED Power Supply
7-9	DB0-DB2	Data Bus Line	16	LEDA	LED Power Supply



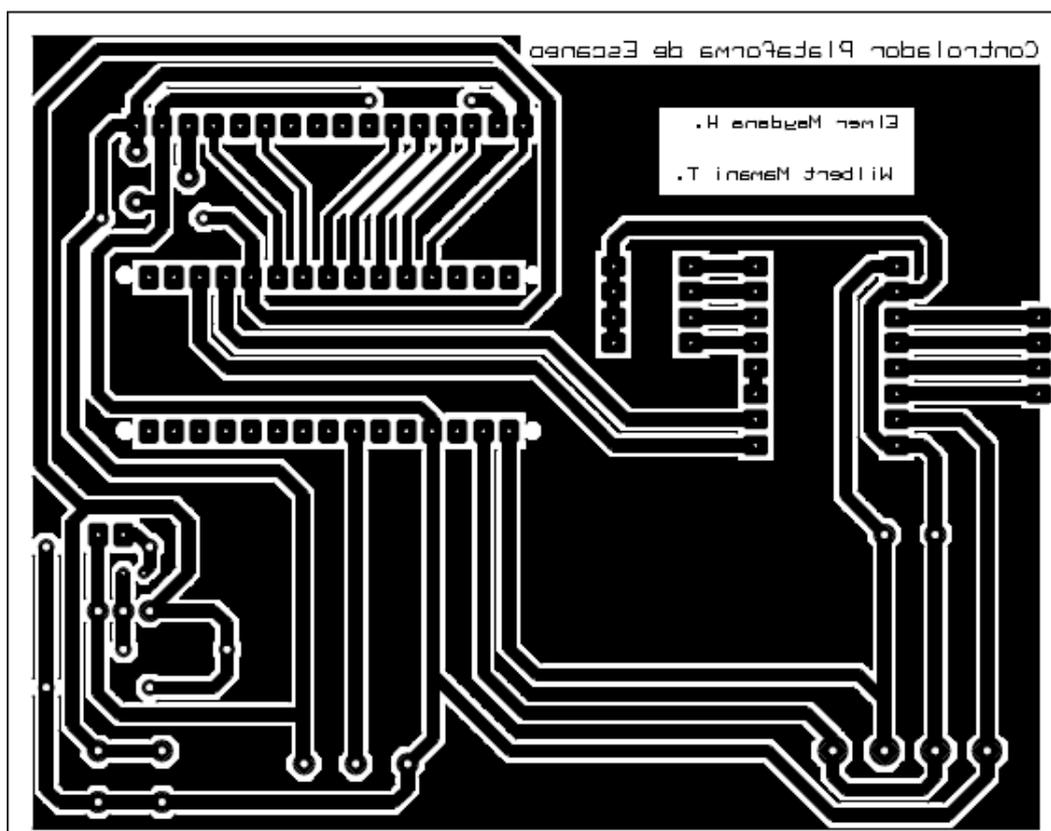
**HD44780U**

**Table 4 Correspondence between Character Codes and Character Patterns (ROM Code: A00)**

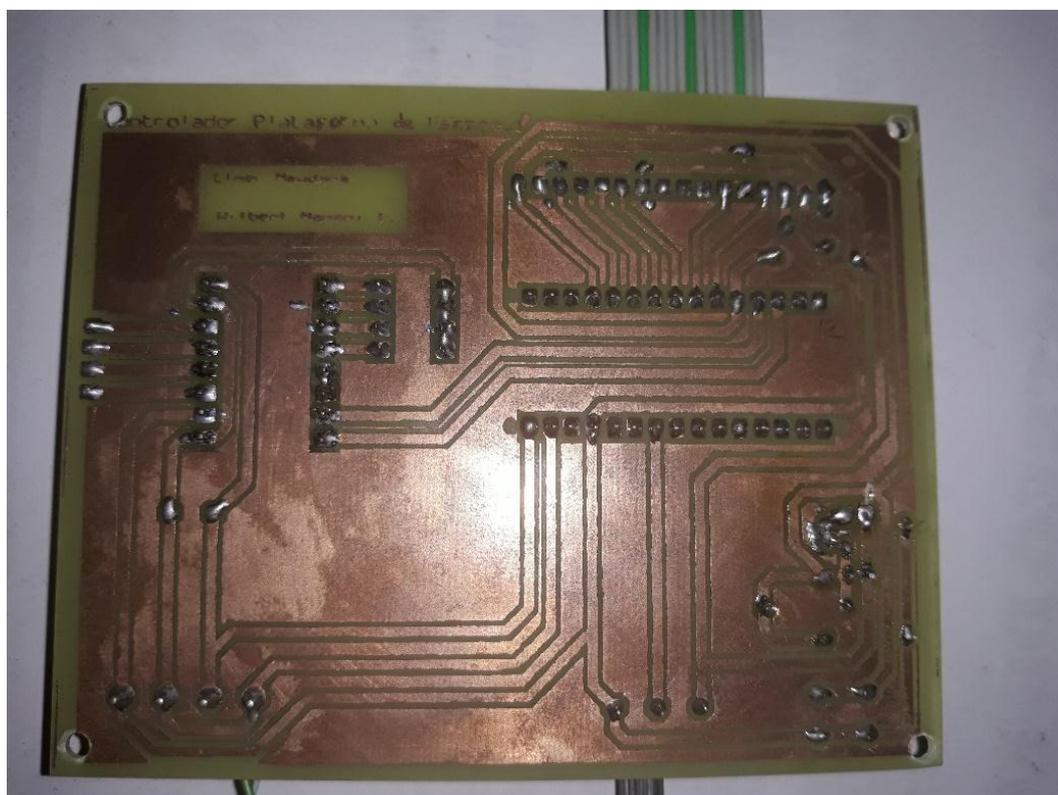
Upper 4 Bits	CG RAM (1)	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111		
xxxx0000	(1)			0	@	P	\	P						-	タ	ミ	α	ρ	
xxxx0001	(2)			!	1	A	Q	a	q					。	ア	チ	4	ä	q
xxxx0010	(3)			"	2	B	R	b	r					「	イ	ツ	×	ƒ	θ
xxxx0011	(4)			#	3	C	S	c	s					」	ウ	テ	ε	ε	∞
xxxx0100	(5)			\$	4	D	T	d	t					、	エ	ト	†	μ	Ω
xxxx0101	(6)			%	5	E	U	e	u					・	オ	ナ	1	€	Ü
xxxx0110	(7)			&	6	F	V	f	v					ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)			'	7	G	W	g	w					フ	キ	ヌ	ラ	g	π
xxxx1000	(1)			(	8	H	X	h	x					イ	ク	ネ	リ	ſ	×
xxxx1001	(2)			)	9	I	Y	i	y					ウ	ケ	ル		ˆ	γ
xxxx1010	(3)			*	:	J	Z	j	z					エ	コ	ン	レ	j	ƒ
xxxx1011	(4)			+	;	K	[	k	[					オ	サ	ヒ	ロ	*	⊕
xxxx1100	(5)			,	<	L	¥	l	¥					ハ	シ	フ	ワ	⊕	⊕
xxxx1101	(6)			-	=	M	]	m	]					ユ	ズ	ヘ	ン	⊕	÷
xxxx1110	(7)			.	>	N	^	n	^					ヨ	セ	ホ	°	ˆ	ˆ
xxxx1111	(8)			/	?	O	_	o	_	€				ッ	ツ	マ	°	ˆ	■

Note: The user can specify any pattern for character-generator RAM.

*Anexo 11.4. Placa PBC de circuito de Controlador de plataforma rotatoria*



*Anexo 11.5. Circuito de controlador de plataforma rotatoria*



### *Anexo 11.6. Especificaciones del sensor de Kinect*



### **Lista completa de especificaciones**

#### **Sensores**

- Lentes de color y sensación de profundidad
- Microfono multi-arreglo
- Ajuste de sensor con su motor de inclinación
- Totalmente compatible con las consolas existentes de Xbox 360

#### **Campo de visión**

- Campo de visión horizontal: 57 grados
- Campo de visión vertical: 43 grados
- rango de inclinación física:  $\pm 27$  grados
- Rango de profundidad del sensor: 1,2 – 3,5 metros

#### **Data Streams (Flujo de datos)**

- 320 × 240 a 16 bits de profundidad @ 30fps
- 640 × 480 32-bit de color @30fps
- Audio de 16-bit @ 16 kHz

### **Sistema de Seguimiento**

- Rastrea hasta 6 personas, incluyendo 2 jugadores activos
- Rastrea 20 articulaciones por jugador activo
- Capacidad para mapear jugadores activos en Live Avatars

### **Sistema de audio**

- Chat en vivo y voz dentro del juego (requiere Xbox Live Gold)
- Sistema de cancelación de eco que aumenta la entrada de voz
- Reconocimiento de voz múltiple

**Anexo 11.7. Código fuente de impresora 3D**

```

#ifndef CONFIGURATION_H
#define CONFIGURATION_H
#include "boards.h"
#include "macros.h"
#if ENABLED(USE_AUTOMATIC_VERSIONING)
  #include "_Version.h"
#else
  #include "Default_Version.h"
#endif

#define STRING_CONFIG_H_AUTHOR "(none, default config)" // Who made
the changes.

#define SHOW_BOOTSCREEN

#define STRING_SPLASH_LINE1 SHORT_BUILD_VERSION // will be shown
during bootup in line

#define SERIAL_PORT 0

#define BAUDRATE 250000

#ifndef MOTHERBOARD
  #define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_14_EEB
#endif

#define EXTRUDERS 2

#define POWER_SUPPLY 1

#define TEMP_SENSOR_0 1
#define TEMP_SENSOR_1 1
#define TEMP_SENSOR_2 0
#define TEMP_SENSOR_3 0
#define TEMP_SENSOR_BED 1

#define MAX_REDUNDANT_TEMP_SENSOR_DIFF 10

#define TEMP_RESIDENCY_TIME 10 // (seconds)

#define TEMP_HYSTERESIS 3 // (degC) range of +/- temperatures
considered "close" to the target one

#define TEMP_WINDOW 1 // (degC) Window around target to start the
residency timer x degC early.

```

```

#define HEATER_0_MINTEMP 5
#define HEATER_1_MINTEMP 5
#define HEATER_2_MINTEMP 5
#define HEATER_3_MINTEMP 5
#define BED_MINTEMP 5
#define HEATER_0_MAXTEMP 295
#define HEATER_1_MAXTEMP 295
#define HEATER_2_MAXTEMP 295
#define HEATER_3_MAXTEMP 295
#define BED_MAXTEMP 130

//=====
=====

//===== PID Settings
=====

//=====
=====

#define PIDTEMP

#define BANG_MAX 255 // limits current to nozzle while in bang-bang mode;
255=full current

#define PID_MAX BANG_MAX // limits current to nozzle while PID is active
(see PID_FUNCTIONAL_RANGE below); 255=full current

#if ENABLED(PIDTEMP)

#define PID_FUNCTIONAL_RANGE 10 // If the temperature difference
between the target temperature and the actual temperature

// is more then PID_FUNCTIONAL_RANGE then the PID
will be shut off and the heater will be set to min/max.

#define PID_INTEGRAL_DRIVE_MAX PID_MAX //limit for the integral
term

#define K1 0.95 //smoothing factor within the PID

#define DEFAULT_Kp 29.92
#define DEFAULT_Ki 1.48
#define DEFAULT_Kd 151.49

#endif // PIDTEMP

//=====
=====

```

```

//===== PID > Bed Temperature Control
=====

//=====
=====

#define MAX_BED_POWER 255 // limits duty cycle to bed; 255=full current
#if ENABLED(PIDTEMPBED)

#define PID_BED_INTEGRAL_DRIVE_MAX MAX_BED_POWER //limit for
the integral term

#define DEFAULT_bedKp 10.00
#define DEFAULT_bedKi .023
#define DEFAULT_bedKd 305.4

#endif // PIDTEMPBED

#define PREVENT_DANGEROUS_EXTRUDE
#define PREVENT_LENGTHY_EXTRUDE
#define EXTRUDE_MINTEMP 170

#define EXTRUDE_MAXLENGTH (X_MAX_LENGTH+Y_MAX_LENGTH)
//prevent extrusion of very large distances.

//=====
=====

//===== Thermal Runaway Protection
=====

//=====
=====

#define THERMAL_PROTECTION_HOTENDS // Enable thermal protection for
all extruders

#define THERMAL_PROTECTION_BED // Enable thermal protection for the
heated bed

//=====
=====

//===== Mechanical Settings
=====

//=====
=====

#define ENDSTOPPULLUPS // Comment this out (using // at the start of the line)
to disable the endstop pullup resistors

#if DISABLED(ENDSTOPPULLUPS)

#endif

```

// Mechanical endstop with COM to ground and NC to Signal uses "false" here  
(most common setup).

```
const bool X_MIN_ENDSTOP_INVERTING = false; // set to true to invert the
logic of the endstop.
```

```
const bool Y_MIN_ENDSTOP_INVERTING = false; // set to true to invert the
logic of the endstop.
```

```
const bool Z_MIN_ENDSTOP_INVERTING = false; // set to true to invert the
logic of the endstop.
```

```
const bool X_MAX_ENDSTOP_INVERTING = false; // set to true to invert the
logic of the endstop.
```

```
const bool Y_MAX_ENDSTOP_INVERTING = false; // set to true to invert the
logic of the endstop.
```

```
const bool Z_MAX_ENDSTOP_INVERTING = false; // set to true to invert the
logic of the endstop.
```

```
const bool Z_MIN_PROBE_ENDSTOP_INVERTING = false; // set to true to
invert the logic of the endstop.
```

```
#define X_ENABLE_ON 0
```

```
#define Y_ENABLE_ON 0
```

```
#define Z_ENABLE_ON 0
```

```
#define E_ENABLE_ON 0 // For all extruders
```

```
#define DISABLE_X false
```

```
#define DISABLE_Y false
```

```
#define DISABLE_Z false
```

```
// @section extruder
```

```
#define DISABLE_E false // For all extruders
```

```
#define DISABLE_INACTIVE_EXTRUDER true //disable only inactive
extruders and keep active extruder enabled
```

```
// @section machine
```

```
// Invert the stepper direction. Change (or reverse the motor connector) if an axis
goes the wrong way.
```

```
#define INVERT_X_DIR false
```

```
#define INVERT_Y_DIR true
```

```
#define INVERT_Z_DIR false
```

```
// @section extruder
```

```
#define INVERT_E0_DIR false
```

```
#define INVERT_E1_DIR false
```

```

#define INVERT_E2_DIR false

#define INVERT_E3_DIR false

// @section homing
// ENDSTOP SETTINGS:
// Sets direction of endstops when homing; 1=MAX, -1=MIN
// :[-1,1]

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

#define min_software_endstops true // If true, axis won't move to coordinates less
than HOME_POS.

#define max_software_endstops true // If true, axis won't move to coordinates
greater than the defined lengths below.

// @section machine
// Travel limits after homing (units are in mm)

#define X_MIN_POS 0
#define Y_MIN_POS 0
#define Z_MIN_POS 0
#define X_MAX_POS 300
#define Y_MAX_POS 200
#define Z_MAX_POS 250

//=====
=====

//===== Filament Runout Sensor
=====

//=====
=====

#if ENABLED(FILAMENT_RUNOUT_SENSOR)

    const bool FIL_RUNOUT_INVERTING = true; // Should be uncommented and
true or false should assigned

    #define ENDSTOPPULLUP_FIL_RUNOUT // Uncomment to use internal
pullup for filament runout pins if the sensor is defined.

    #define FILAMENT_RUNOUT_SCRIPT "M600"

#endif

```

```

//=====
=====

//===== Manual Bed Leveling
=====

//=====
=====

#if ENABLED(MANUAL_BED_LEVELING)
  #define MBL_Z_STEP 0.025//0.025 // Step size while manually probing Z axis.
#endif // MANUAL_BED_LEVELING

#if ENABLED(MESH_BED_LEVELING)
  #define MESH_MIN_X 10
  #define MESH_MAX_X (X_MAX_POS - MESH_MIN_X)
  #define MESH_MIN_Y 10
  #define MESH_MAX_Y (Y_MAX_POS - MESH_MIN_Y)
  #define MESH_NUM_X_POINTS 3 // Don't use more than 7 points per axis,
  implementation limited.
  #define MESH_NUM_Y_POINTS 3
  #define MESH_HOME_SEARCH_Z 4 // Z after Home, bed somewhere below
  but above 0.0.
#endif // MESH_BED_LEVELING

#define Z_MIN_PROBE_REPEATABILITY_TEST // If not commented out, Z-
  Probe Repeatability test will be included if Auto Bed Leveling is Enabled.

#if ENABLED(AUTO_BED_LEVELING_FEATURE)
  #define AUTO_BED_LEVELING_GRID
  #if ENABLED(AUTO_BED_LEVELING_GRID)
    #define LEFT_PROBE_BED_POSITION 15
    #define RIGHT_PROBE_BED_POSITION 170
    #define FRONT_PROBE_BED_POSITION 20
    #define BACK_PROBE_BED_POSITION 170
    #define MIN_PROBE_EDGE 10 // The Z probe minimum square sides can be
    no smaller than this.
    #define AUTO_BED_LEVELING_GRID_POINTS 2
  #else // !AUTO_BED_LEVELING_GRID
    #define ABL_PROBE_PT_1_X 15
    #define ABL_PROBE_PT_1_Y 180
  #endif
#endif

```

```

#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

#define X_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -25 // Z probe to nozzle
X offset: -left +right

#define Y_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -29 // Z probe to nozzle
Y offset: -front +behind

#define Z_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER -12.35 // Z probe to nozzle
Z offset: -below (always!)

#define Z_RAISE_BEFORE_HOMING 4 // (in mm) Raise Z axis before
homing (G28) for Z probe clearance.

// Be sure you have this distance over your
Z_MAX_POS in case.

#define XY_TRAVEL_SPEED 8000 // X and Y axis travel speed between
probes, in mm/min.

#define Z_RAISE_BEFORE_PROBING 15 // How much the Z axis will be
raised before traveling to the first probing point.

#define Z_RAISE_BETWEEN_PROBINGS 5 // How much the Z axis will be
raised when traveling from between next probing points.

#define Z_RAISE_AFTER_PROBING 15 // How much the Z axis will be
raised after the last probing point.

#define Z_SAFE_HOMING // This feature is meant to avoid Z homing with Z
probe outside the bed area.

#if ENABLED(Z_SAFE_HOMING)

#define Z_SAFE_HOMING_X_POINT ((X_MIN_POS + X_MAX_POS) / 2)
// X point for Z homing when homing all axis (G28).

#define Z_SAFE_HOMING_Y_POINT ((Y_MIN_POS + Y_MAX_POS) / 2)
// Y point for Z homing when homing all axis (G28).

#endif

#endif // AUTO_BED_LEVELING_FEATURE

#if ENABLED(MANUAL_HOME_POSITIONS)

#define MANUAL_X_HOME_POS 0

#define MANUAL_Y_HOME_POS 0

#define MANUAL_Z_HOME_POS 0

```

```

    // #define MANUAL_Z_HOME_POS 402 // For delta: Distance between nozzle
    and print surface after homing.

    #endif

    // @section movement

    #define HOMING_FEEDRATE {50*60, 50*60, 4*60, 0} // set the homing
    speeds (mm/min)

    #define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT {99.881,99.881,400.0,99} //

    #define DEFAULT_MAX_FEEDRATE {300, 300, 1000, 25} //
    (mm/sec) // {300, 300, 5, 25}

    #define DEFAULT_MAX_ACCELERATION {3000,3000,1000,10000} //
    X, Y, Z, E maximum start speed for accelerated moves. E default values are good for
    Skeinforge 40+, for older versions raise them a lot.

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

    #define DEFAULT_RETRACT_ACCELERATION 3000 // E acceleration in
    mm/s^2 for retracts

    #define DEFAULT_TRAVEL_ACCELERATION 3000 // X, Y, Z
    acceleration in mm/s^2 for travel (non printing) moves

    // The speed change that does not require acceleration (i.e. the software might
    assume it can be done instantaneously)

    #define DEFAULT_XYJERK 20.0 // (mm/sec)

    #define DEFAULT_ZJERK 0.4 // (mm/sec)

    #define DEFAULT_EJERK 5.0 // (mm/sec)

    //=====
    =====

    //===== Additional Features
    =====

    //=====
    =====

    // @section more

    // Custom M code points

    #define CUSTOM_M_CODES

    #if ENABLED(CUSTOM_M_CODES)

        #if ENABLED(AUTO_BED_LEVELING_FEATURE)

            #define CUSTOM_M_CODE_SET_Z_PROBE_OFFSET 851

            #define Z_PROBE_OFFSET_RANGE_MIN -20

```

```

#define Z_PROBE_OFFSET_RANGE_MAX 20

#endif

#endif

// @section extras

#if ENABLED(EEPROM_SETTINGS)

  // To disable EEPROM Serial responses and decrease program space by ~1700
  byte: comment this out:

    #define EEPROM_CHITCHAT // Please keep turned on if you can.

#endif

// Preheat Constants

#define PLA_PREHEAT_HOTEND_TEMP 190

#define PLA_PREHEAT_HPB_TEMP 70

#define PLA_PREHEAT_FAN_SPEED 0 // Insert Value between 0 and 255

#define ABS_PREHEAT_HOTEND_TEMP 250

#define ABS_PREHEAT_HPB_TEMP 110

#define ABS_PREHEAT_FAN_SPEED 0 // Insert Value between 0 and 255

//=====LCD and SD
support=====

#define LANGUAGE_INCLUDE GENERATE_LANGUAGE_INCLUDE(es)

#define DISPLAY_CHARSET_HD44780_JAPAN // this is the most
common hardware

T7565R graphic Display Family)

#define SDSUPPORT // Enable SD Card Support in Hardware Console

#define REPRAP_DISCOUNT_FULL_GRAPHIC_SMART_CONTROLLER

#define SOFT_PWM_SCALE 0

#if ENABLED(DEACTIVATE_SERVOS_AFTER_MOVE)

  #define SERVO_DEACTIVATION_DELAY 300

#endif

#define FILAMENT_SENSOR_EXTRUDER_NUM 0 //The number of the
extruder that has the filament sensor (0,1,2)

#define MEASUREMENT_DELAY_CM 14 //measurement delay in cm.
This is the distance from filament sensor to middle of barrel

#define DEFAULT_NOMINAL_FILAMENT_DIA 1.75 // 3.00 //Enter the
diameter (in mm) of the filament generally used (3.0 mm or 1.75 mm) - this is then used
in the slicer software. Used for sensor reading validation

```

```
#define MEASURED_UPPER_LIMIT      2.00 //3.30 //upper limit factor used
for sensor reading validation in mm

#define MEASURED_LOWER_LIMIT      1.00 //1.90 //lower limit factor for
sensor reading validation in mm

#define MAX_MEASUREMENT_DELAY    20 //delay buffer size in bytes
(1 byte = 1cm)- limits maximum measurement delay allowable (must be larger than
MEASUREMENT_DELAY_CM and lower number saves RAM)

#define DEFAULT_MEASURED_FILAMENT_DIA
DEFAULT_NOMINAL_FILAMENT_DIA //set measured to nominal initially

#include "Configuration_adv.h"

#include "thermistortables.h"

#endif //CONFIGURATION_H
```

**Anexo 11.8. Código fuente de controlador de plataforma de escaneo**

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);

float pot = A0;

float Valor = 0; // define el valor de entrada del potenciómetro

float valor; // declara la variable valor como decimal

float Pasos; // se declara Pasos

float angulo; // declara angulo

float RevTotal; // declara RevTotal

float revParcial;

float RevParcial;

float Arcos;

const int dirPin = 10;

const int stepPin = 9;

int boton;

const int steps = 200;

int stepDelay;

void setup() {

  // Marcar los pines como salida

  lcd.begin(20,4);

  pinMode(dirPin, OUTPUT);

  pinMode(stepPin, OUTPUT);

  pinMode(boton, INPUT);

  lcd.setCursor(5, 0); // ubica el cursor en (5,0) para comenzar con la
  escritura

  lcd.print("ESCANEEO 3D"); // imprime los caracteres en el lcd

  lcd.setCursor(0, 1);

  lcd.print("Elmer M. Wilber M.");
```

```
lcd.setCursor(6, 2);

lcd.print("ROTACION");

lcd.setCursor(2, 3);

lcd.print("CONTROLADOR A4988");

delay(3500);

lcd.clear();

}

void loop() {

  Valor = analogRead(A5); // lee los valores del potenciómetro

  valor = map(Valor, 0, 1023, 0, 60); // mapea los valores leídos a un rango de 0 a
50

  angulo = 360/valor;

  //angulo = (Pasos*360)/200; // se obtiene el angulo correspondiente

  RevTotal = (200*120)/18; // vuelta completa

  revParcial = 120/36; // angulo para una toma de un total de 60 angulo 6
grados

  RevParcial = (RevTotal*angulo)/360; // angulo equivalente para la palea mayor
a 6 grados

  if (digitalRead(boton)==HIGH){ //Activar una direccion y fijar la velocidad con
stepDelay

  digitalWrite(dirPin, HIGH);

  stepDelay = 2500;

  // Giramos 200 pulsos para hacer una vuelta completa

  for (int x = 0; x < RevParcial; x++) {

  digitalWrite(stepPin, HIGH);

  delayMicroseconds(stepDelay);

  digitalWrite(stepPin, LOW);

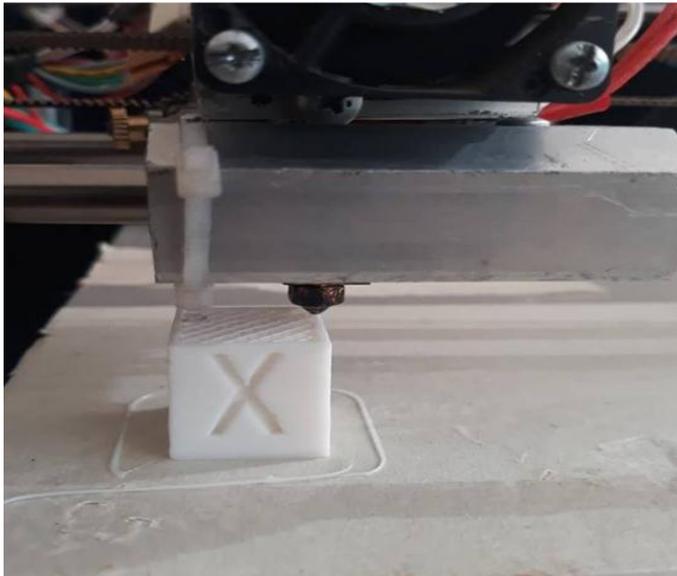
  delayMicroseconds(stepDelay);

  }
```

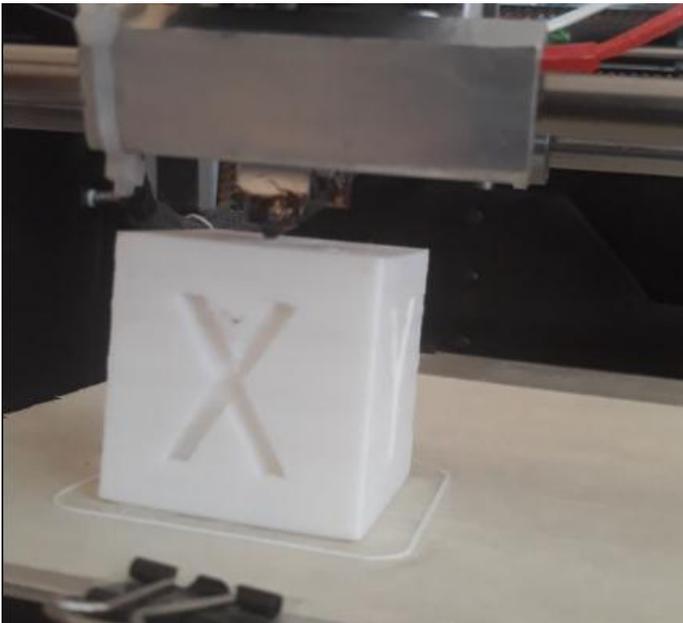
```
delay(4000);  
}  
lcd.setCursor(4, 0); // ubica el cursor de escritura  
lcd.print("POSICION EN: "); // muestra el texto en pantalla lcd  
lcd.setCursor(0, 1); // ubica el cursor de escritura  
lcd.print("Pasos: "); // imprime el texto en pantalla lcd  
lcd.print(RevParcial); // muestra el angulo en la lcd  
lcd.setCursor(0, 2);  
lcd.print("# tomas: ");  
lcd.print(valor);  
lcd.setCursor(0, 3);  
lcd.print("< rota: ");  
lcd.print(angulo);  
lcd.print(" Grad ");  
}
```

## 12. EXPERIMENTOS DE IMPRESIÓN 3D

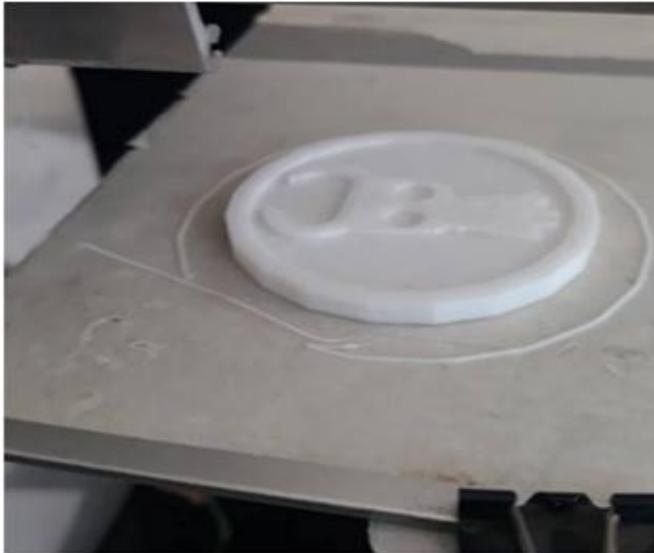
### *Anexo 12.1. Experimento 1 (cubo 20\*20mm)*



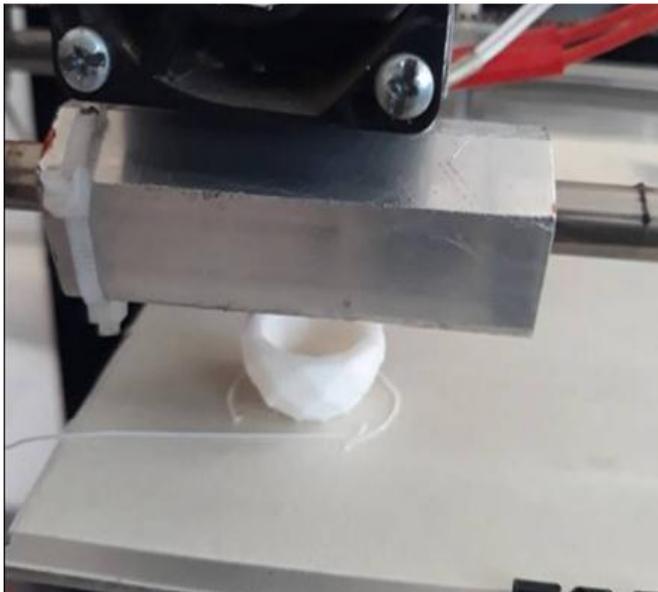
### *Anexo 12.2. Experimento 2 (cubo 40\*40mm)*



*Anexo 12.3. Experimento 3 (moneda)*



*Anexo 12.4. Experimento 4 (huevo de dragón)*



*Anexo 12.5. Experimento 5 (baby-groot fallido)*



*Anexo 12.6. Experimento 6 (baby-groot ok)*

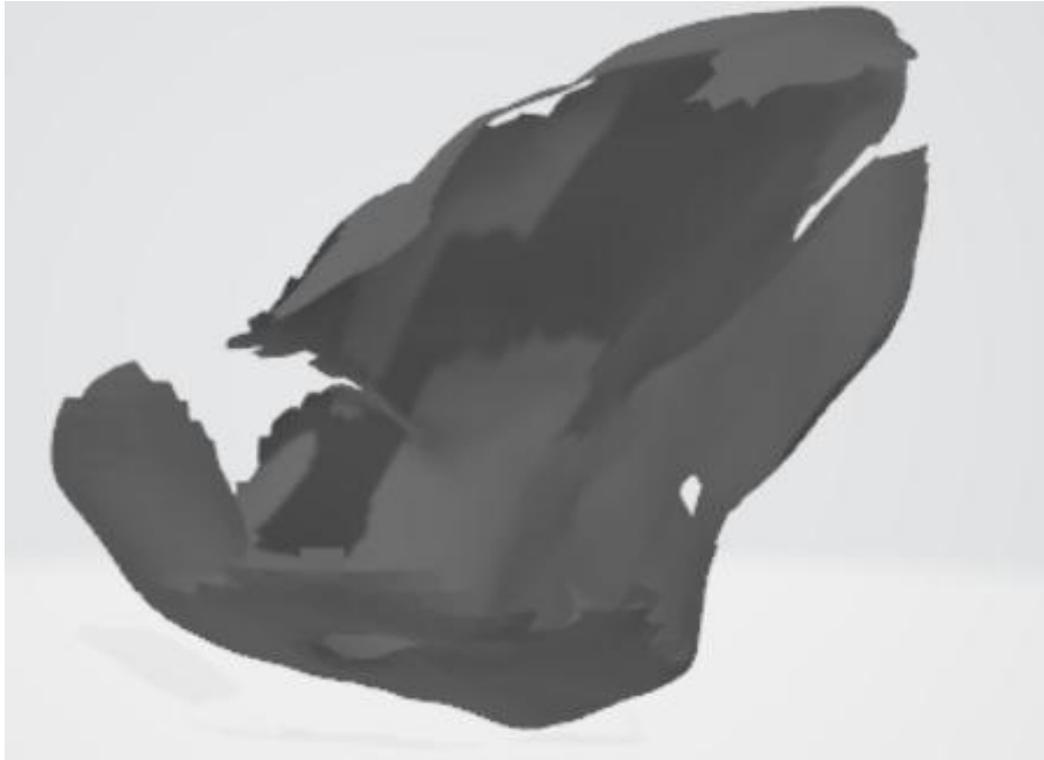


*Anexo 12.7. Experimento 7 (pata de canino)*

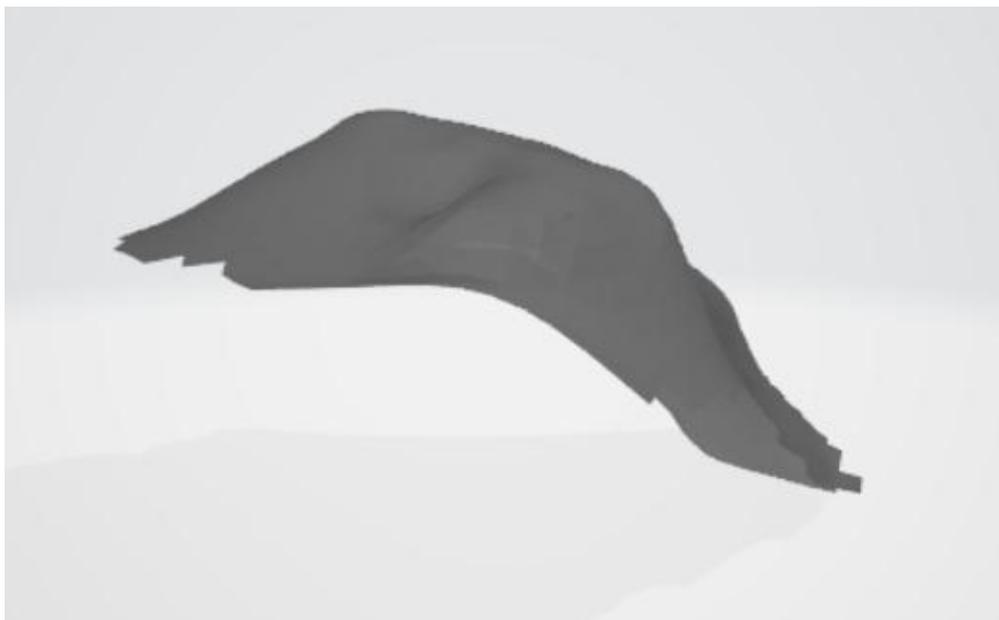


### 13. EXPERIMENTOS DE ESCANEEO 3D

#### *Anexo 13.1. Experimento 1 (mouse)*



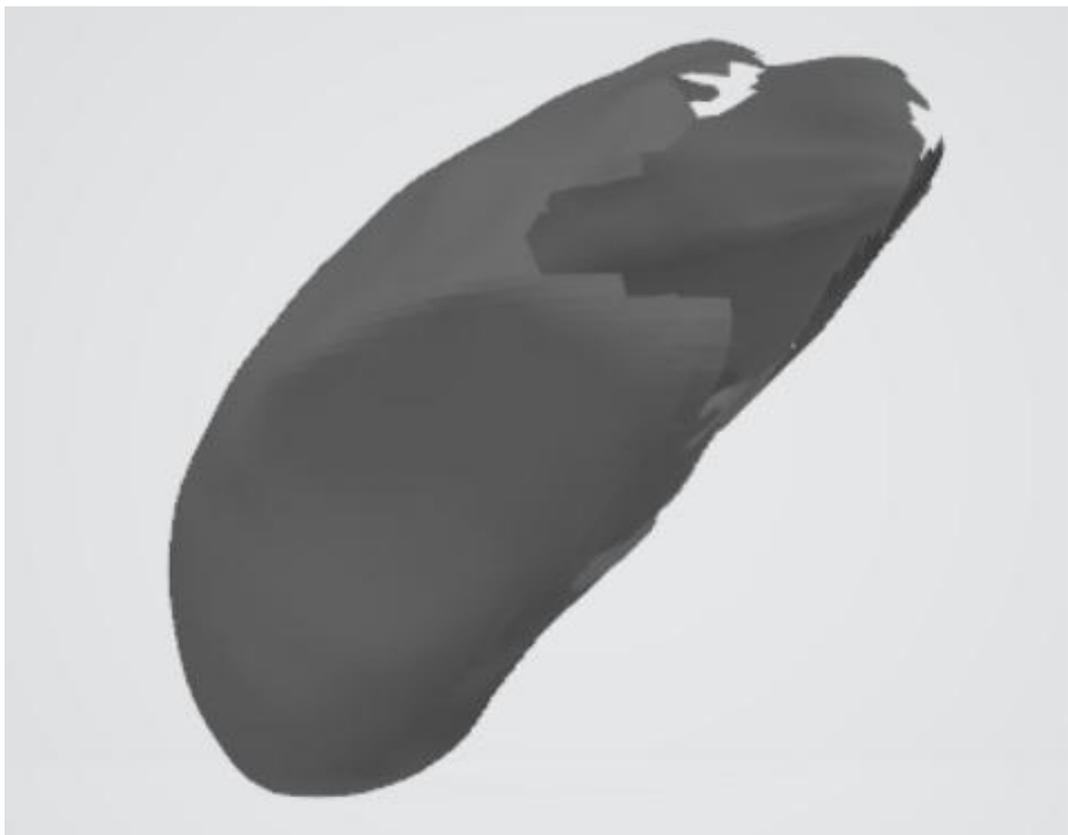
#### *Anexo 13.2. Experimento 2 (mouse)*



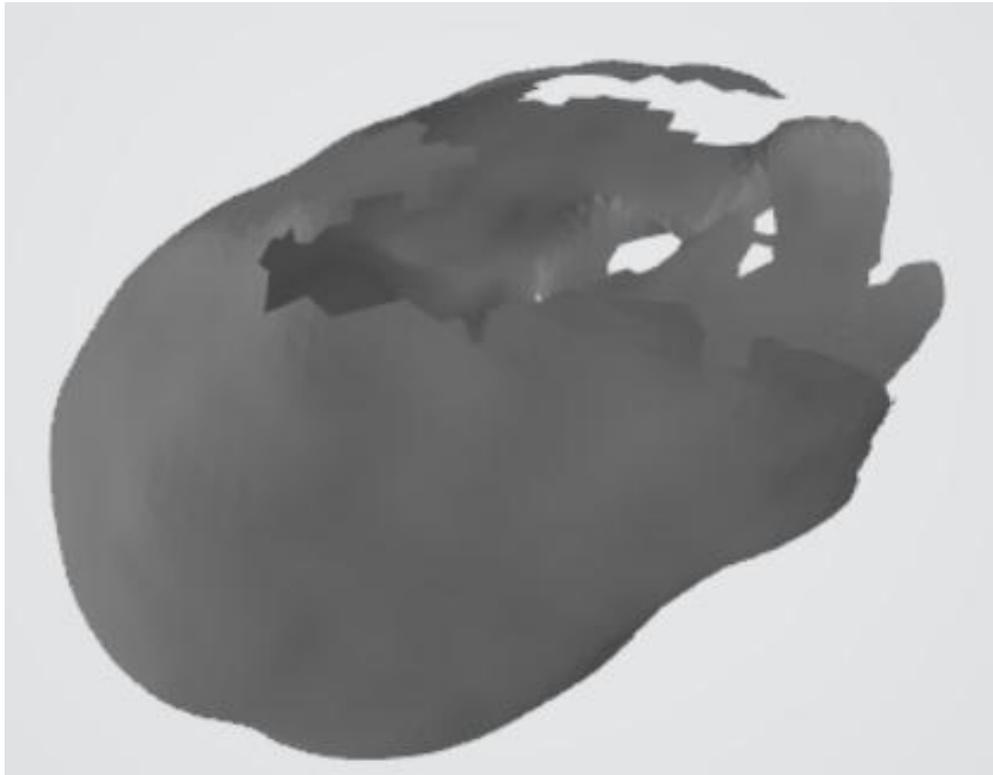
*Anexo 13.3. Experimento 3 (mouse)*



*Anexo 13.4. Experimento 4 (mouse)*



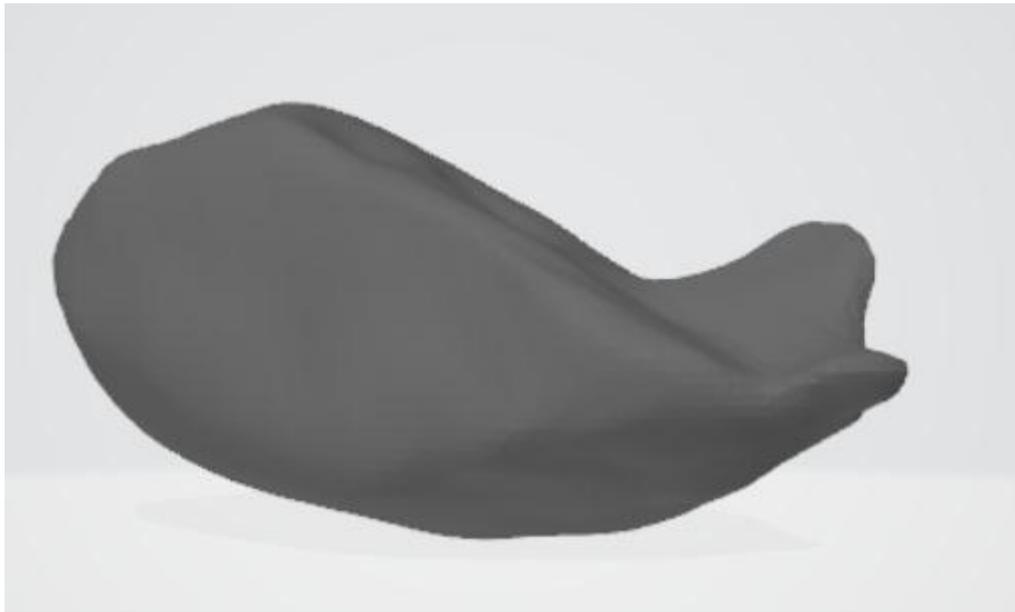
*Anexo 13.5. Experimento 5 (mouse)*



*Anexo 13.6. Experimento 6 (mouse)*



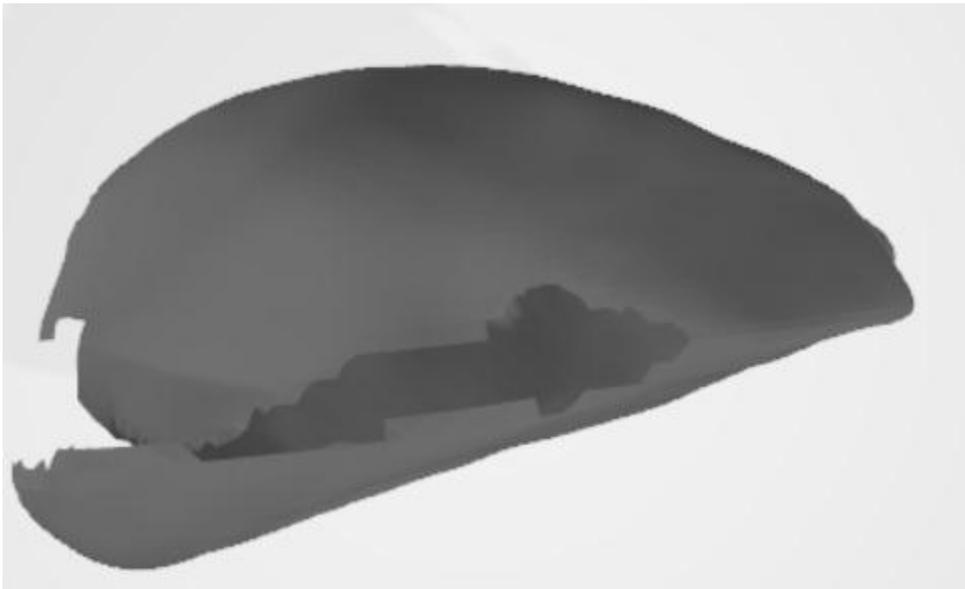
*Anexo 13.7. Experimento 7 (mouse)*



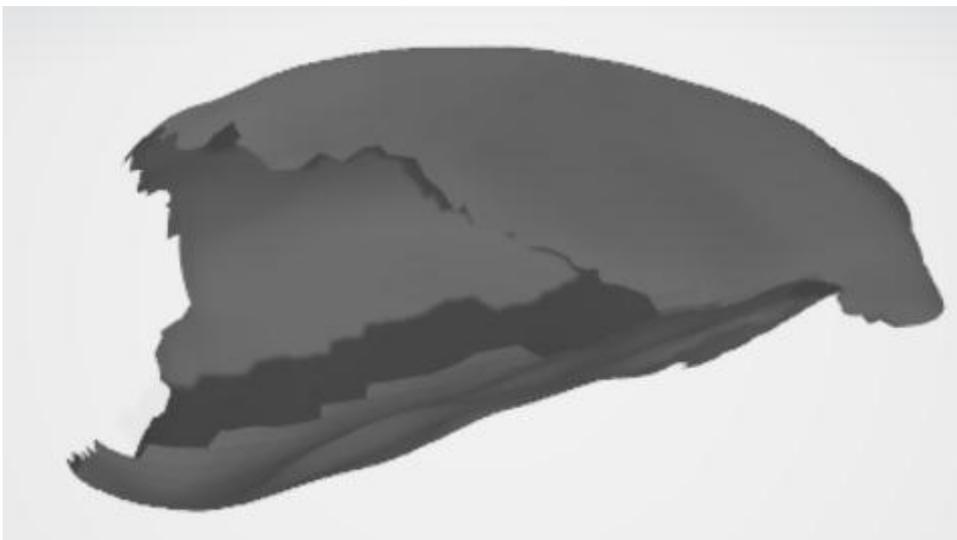
*Anexo 13.8. Experimento 8 (mouse)*



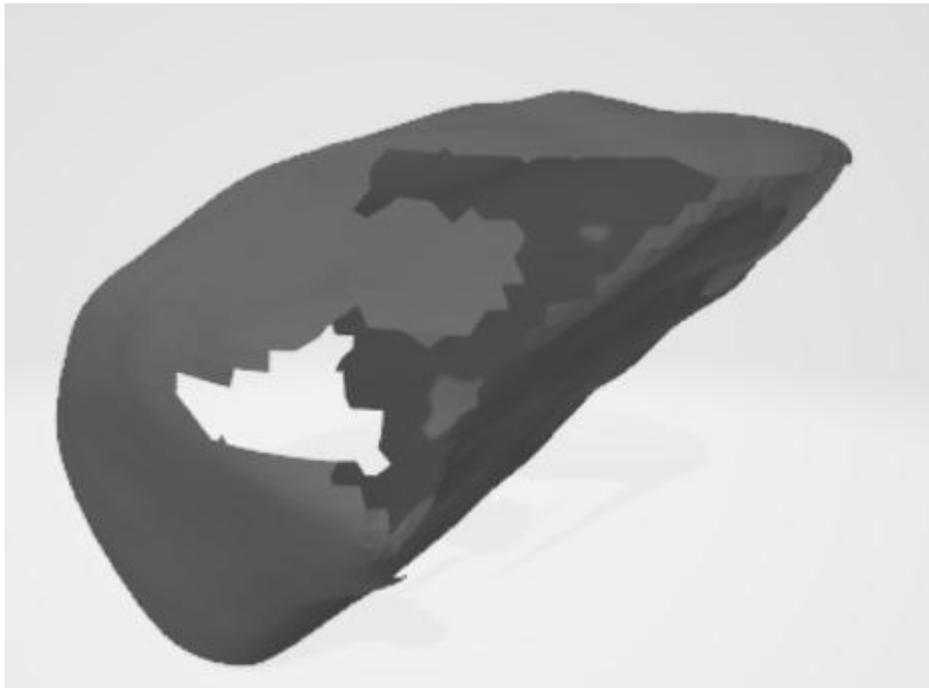
*Anexo 13.9. Experimento 9 (mouse)*



*Anexo 13.10. Experimento 10 (mouse)*

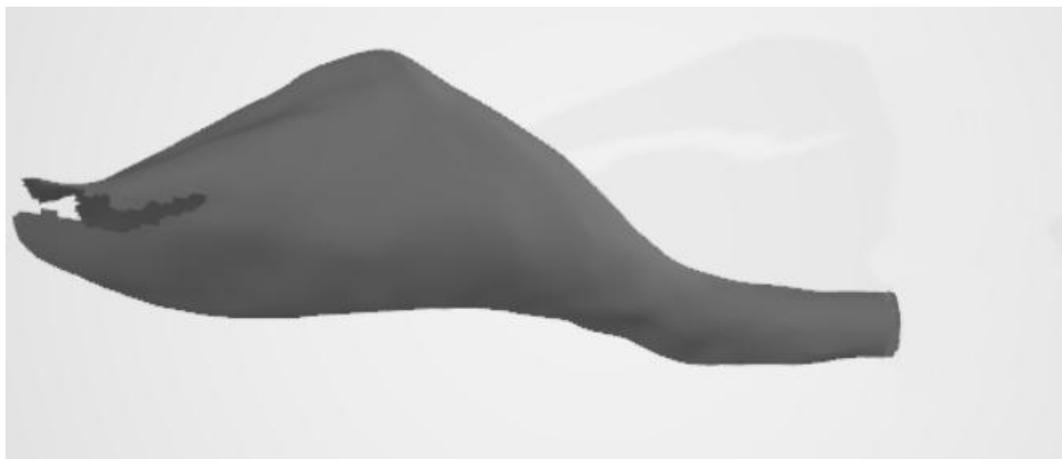
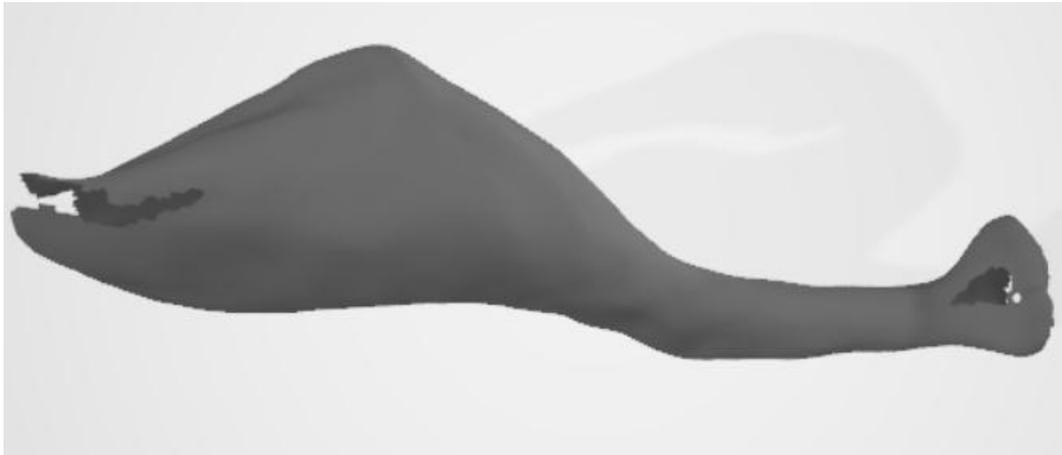


*Anexo 13.11. Experimento 11 (mouse)*



## 14. EXPERIMENTOS DE ESCANEADO 3D E IMPRESIÓN 3D

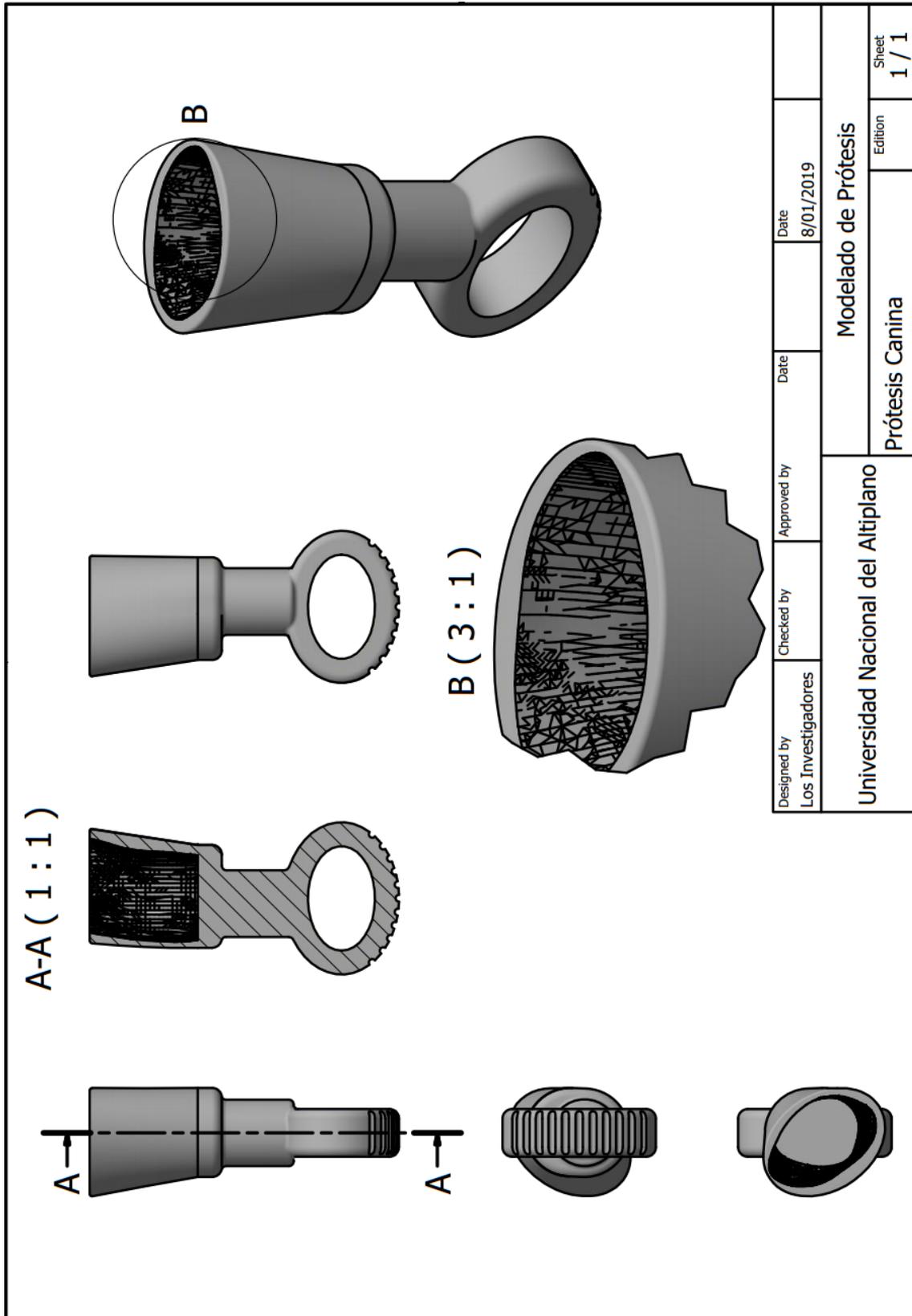
### *Anexo 14.1. Escaneo de pata*



*Anexo 14.2. Procesamiento de pata amputada*

				Designed by	Checked by	Approved by	Date
				Los Investigadores			8/01/2019
universidad Nacional del Altiplano				Pata Amputada		Pata de Canino	
				Edition		Sheet	
				1 / 1			

Anexo 14.3. Diseño de prótesis



*Anexo 14.4. Impresión de prototipo de prótesis*

