

# INCREMENTO EN LA USABILIDAD DE MATERIALES DE BAJO COSTO PARA EL PROTOTIPADO RAPIDO

---

# TOCOT

POST PROCESO

por NICOLAS ANSELMO



Universidad del Desarrollo  
Facultad de Diseño



Impresión 3d y el incremento en la usabilidad de materiales de bajo costo dentro del proceso de prototipado rápido.



**Universidad del Desarrollo**  
Facultad de Diseño

Memoria presentada ante la Facultad de Diseño de la Universidad Del Desarrollo para optar al Título Profesional de Diseñador de Interacción Digital.

**Autor:**

Nicolás Antonio Anselmo Iduya

**Profesores Guía:**

Sr. Mauricio Reyes

Sra. Nataly Silva

Santiago, Diciembre 2022



Imágen. Prusa Research Lab, Fotografía original

# Agradecimientos

A mis **papás**, quienes junto con su apoyo, me entregaron todo para llegar a donde estoy hoy.

A mi compañero y amigo **Vicente Ramos**, por el compañerismo, los incontables trabajos en grupo y el constante empuje a ser mejor diseñador que el día de ayer.

A los profesores **Germán Espinoza**, **Julio Moya**, **Mauricio Reyes** y **Nataly Silva**, por las herramientas, enseñanzas y años de aprendizaje que me entregaron.

A todos quienes estuvieron presentes en este proceso durante el año, el cual no fue fácil, pero que gracias a ustedes y su apoyo logré mis objetivos.

Y finalmente, a toda la **comunidad maker**, por las incontables veces que me han ayudado sin saberlo, por mostrarme la pasión por el aprendizaje y por el crear. Agradezco especialmente a quienes me abrieron las puertas para entrar en su mundo. Los admiro por múltiples razones y es por eso que, a modo de agradecimiento, entrego este proyecto y todo lo recopilado a la comunidad.

---

Nicolás Anselmo Iduya

# Contenido

Agradecimientos.....	5
1. Abstract.....	11
2. Introducción.....	12
3. Pregunta de investigación.....	14
4. Objetivos de la investigación.....	15
4.1 Objetivo general.	15
4.2 Objetivos específicos.	15
5. Marco Teórico.....	16
5.1 Rol del prototipado digital en el diseño.	17
5.1.1 Tipos de prototipado.	18
5.1.2 Tecnologías utilizadas en el prototipado rápido.	19
5.1.3 Funcionamiento y etapas de impresión 3D tipo FDM.	24
5.1.4 Tipos de filamentos para la impresión 3D.	26
5.2 Características del PLA y su aplicación en prototipos.	27
5.2.1 Estrategias utilizadas para incrementar la usabilidad de PLA en eprototipado.	29
5.2.2 Agentes utilizados para la mejora de propiedades en el post proceso.	32
5.3 Mundo Maker y Fab Lab Chile.	38

<b>6. Propuesta Conceptual.....</b>	<b>40</b>
6.1 Problema.	41
6.1.2 Usuario.	41
6.2 Oportunidad.	42
6.3 Validación.	42
<b>7. Marco metodológico.....</b>	<b>44</b>
7.1 Tipo de investigación.	45
7.1.2 Contexto de descubrimiento.	45
7.2 Metodologías a emplear.	46
7.2.1 Método de desarrollo doble diamante.	46
7.2.2 Método Pruebas con usuario.	47
7.3 Desarrollo de prototipos.	48
7.3.1 Banco de prueba inicial de conceptos y materiales.	48
7.3.1.1 Resultados de experimentos.	55
7.3.1.2 Conclusiones etapa de experimentación.	56
7.3.2 Modelado en 3D y prototipado digital.	57
7.3.3 Segunda etapa de prototipado.	72
7.3.4 Propuesta de valor de <b>TOCOT</b> .	79
7.4 Pruebas con usuarios	85
7.4.1 Resultados de pruebas.	85

7.5 Entrega de producto final.	89
7.5.1 Modelo de negocio.	89
7.5.1.1 Business model canvas.	90
7.5.1.2 Evaluación Financiera.	91
7.5.2 Postulación a fondos de desarrollo.	92
7.5.3 Identidad visual.	93
7.6 Escalabilidad.	94
<b>8. Conclusión.....</b>	<b>96</b>
<b>9. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>97</b>
<b>10. Referencias de imágenes.....</b>	<b>102</b>





Imágen. Exploratec Udd, Fotografía original

# 1. Abstract

La impresión en 3D es una de las herramientas más utilizadas para crear prototipos dentro del entorno de diseño, industrial y maker debido principalmente a sus atributos de velocidad y precisión. Cabe considerar, que las propiedades del prototipo impreso dependen del tipo de material que se utiliza en su fabricación, siendo ácido poliláctico (PLA) el filamento más utilizado por su precisión dimensional, facilidad de uso, además de su bajo costo (\$8.200 x kg). Sin embargo, debido a sus características, cuenta con **un bajo alcance** y resolución a la hora de ser utilizado en el proceso de prototipado y validación.

En esta investigación se aborda la siguiente pregunta: **¿Cómo la aplicación de revestimientos nos permitirá mejorar la utilidad del PLA en el prototipado?** Esto con el fin de otorgarle al usuario las herramientas necesarias para prototipar con mayor versatilidad de propiedades requeridas, manteniendo el bajo costo del prototipado rápido, y los aspectos de forma y dimensiones de su proyecto. Dotando a quién necesite prototipar con la capacidad de hacerlo de la mejor forma posible.

**Palabras clave:**

#BajoCosto #PrototipadoYvalidación #Hágaloustedmismo #Impresión3D #Maker

## 2. Introducción

El proceso de prototipado y validación es una de las pocas etapas dentro del diseño que se basa en la constante reiteración del testeo y realización de ajustes necesarios. Nos cuenta Hallgrimson en su libro "Prototyping and model-making for product design" El prototipado es una actividad clave a la hora de resolver problemas dentro del diseño de productos. Comienza en el inicio del proyecto y continúa aún hasta la producción final. (Hallgrimson, 2012) Haciendo énfasis en que es un proceso constante que sólo termina una vez que el producto pasó la etapa final de producción.

En el año 2009 vence la patente de la impresión 3D de tipo FDM (Fused Deposition Modeling), generando una baja de coste de entrada a la tecnología de los 10.000 dólares **a, en promedio,** 1.000 dólares; hoy en día la impresión 3D es más accesible que nunca, en donde una de las impresoras de mercado que más ha sido vendida se puede conseguir por alrededor de 200 dólares.

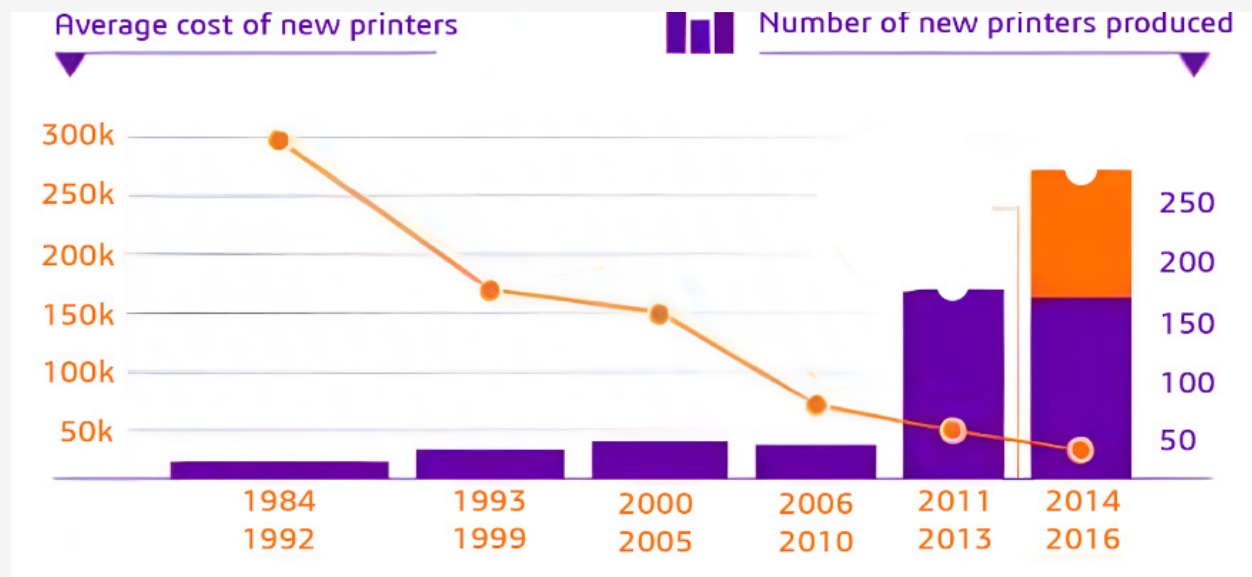


Imagen gráfico detallando el coste de impresoras 3D a través de los años, Recuperado de Rigid-Ink, <https://3dprintingindustry.com/news/evolution-3d-printing-past-present-future-90605/>

Este cambio en el mercado de tecnologías de fabricación logra popularizar a la impresión 3D y definiéndola, hoy en día, cómo una de las principales y más accesibles formas de realizar prototipos de toda clase, destacándose por la rapidez de pasar de lo digital a lo físico y por su bajo costo tanto de hardware como de materiales a utilizar en comparación a métodos tradicionales de fabricación y prototipado.

La popularidad de la impresión 3D no se debe sólo a su bajo costo de acceso. Uno de los grandes factores que logra popularizar a la tecnología es su sinergia con el proceso de prototipado y validación. Logrando combinar la rapidez necesaria para prototipar cientos de veces hasta tener el producto tal como se necesita, con el bajo coste de **cada iteración, resultando en un proceso factible de ser realizado de forma iterativa.**

Al mismo tiempo, la impresión 3D **en función del objetivo de prototipar cuenta con muchas variables, la principal siendo que el material utilizado será quién otorga las propiedades al prototipo a realizar,** por lo que rápidamente se encuentra la limitante que es el material disponible. **Se cuenta con un rango de precios casi ilimitado a la hora de comparar materiales, pero, al utilizar la impresión 3D como herramienta de iteración constante se logra determinar al PLA como el único material factible en relación a su viabilidad económica y facilidad de uso.**

Se define al PLA como el material de elección a la hora de prototipar, lo que significa que solo se obtendrán prototipos con las propiedades intrínsecas del PLA, entonces, **¿Cómo la aplicación de revestimientos nos permitirá mejorar la utilidad del PLA en el prototipado?**

# 3. Pregunta de Investigación

¿Cómo la aplicación de revestimientos nos permitirá mejorar la utilidad del PLA en el prototipado?

# 4. Objetivos de la Investigación.

## 4.1 Objetivo General.

Diseñar un sistema que cuente con la capacidad de aplicar revestimientos de manera automática a objetos impresos en 3D.

## 4.2 Objetivos Específicos.

1. Definir usabilidad de impresión 3D y filamentos para el prototipado rápido.
2. Determinar la necesidad de la mejora en la usabilidad del PLA para prototipar.
3. Crear un dispositivo que logre la aplicación de revestimientos.

# 5. Marco Teórico

## 5.1 Rol del prototipado digital en el diseño.

Cuando se habla del diseño centrado en el usuario se considera al prototipado como etapa intrínseca para llegar a un buen resultado. Menciona Donald Norman que:

La gente e industrias que se encuentran involucradas en el diseño decidieron una serie de métodos comunes para diseñar centrándose en un usuario. Cada quién tiene su método preferido, pero todos son variantes de un tema en común: iterar a través de las cuatro etapas de la observación, generación, prototipado y testeo. Norman, D. (1988)

El diseño, junto con el prototipado, cuentan con 3 características clave:

En primer lugar, proporcionan la información necesaria para comprender al usuario, ayudando a los diseñadores a familiarizarse con sus dolores y actitudes, en función de crear algo que los ayude a mejorar su calidad de vida. En segundo lugar, ayudan a comunicar de una manera fácil y comprensible al usuario en cuestión que logramos entenderlo, y es por tanto que logramos diseñar un producto, servicio o experiencia específicamente para él.

En tercer lugar, otorga la capacidad de testear los diseños realizados, con el fin de pasar por un proceso iterativo de prueba y error, en donde se logra pulir y perfeccionar.

Muchas veces, por no decir siempre, nuestros diseños serán parte de la vida de una persona, es por eso, que inevitablemente cuando los diseñadores crean productos, espacios o media, inevitablemente se preguntan durante el proceso acerca de cómo los seres humanos interactuarán con su trabajo. (Upton, 2014)

## 5.1.2 Tipos de prototipado.

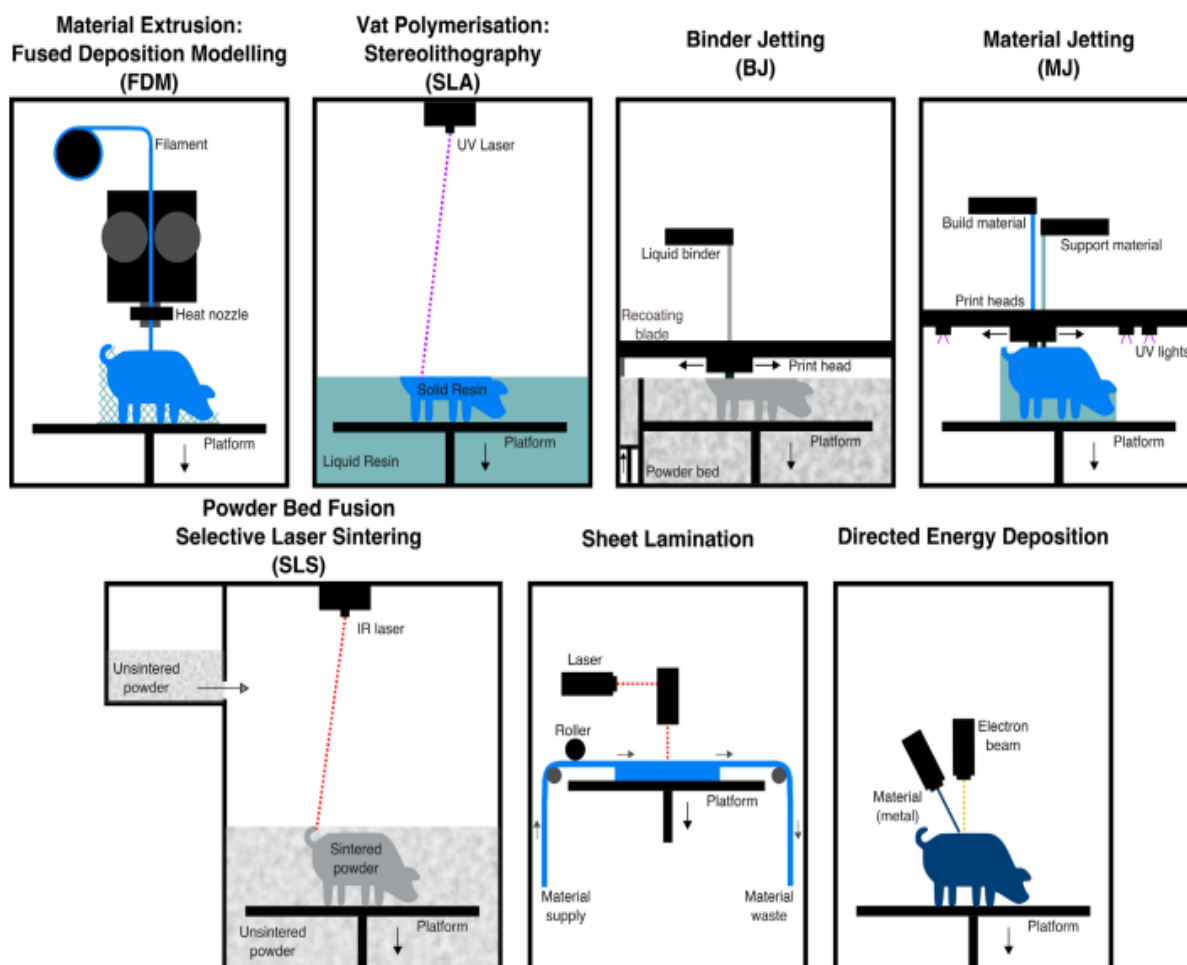
Esta investigación se centra principalmente en los procesos iterativos de prototipado rápido, en donde son considerados distintos tipos, los MPV y el prototipo de baja resolución. El primero hace referencia a un mínimo producto viable, centrado en prototipar sólo lo necesario para revisar una característica específica. Por otro lado, el prototipo de baja resolución, busca utilizar materiales de muy bajo costo, cómo el cartón, para realizar un prototipo inicial que también logre logre revisar y validar algo en específico.

En tercer lugar, se habla del prototipado rápido, el cual, define Stephen Fusell como la producción rápida de un producto. En donde en una primera fase, el producto está hecho de un material inferior al final, lo que permite al usuario mostrar una noción del producto con el fin de realizar pruebas limitadas y específicas. (Fussell, 1997)

La presente investigación se centrará en el uso de la tecnología de impresión 3D dentro del proceso de prototipado rápido definido anteriormente.

## 5.1.3 Tecnologías utilizadas en el prototipado rápido.

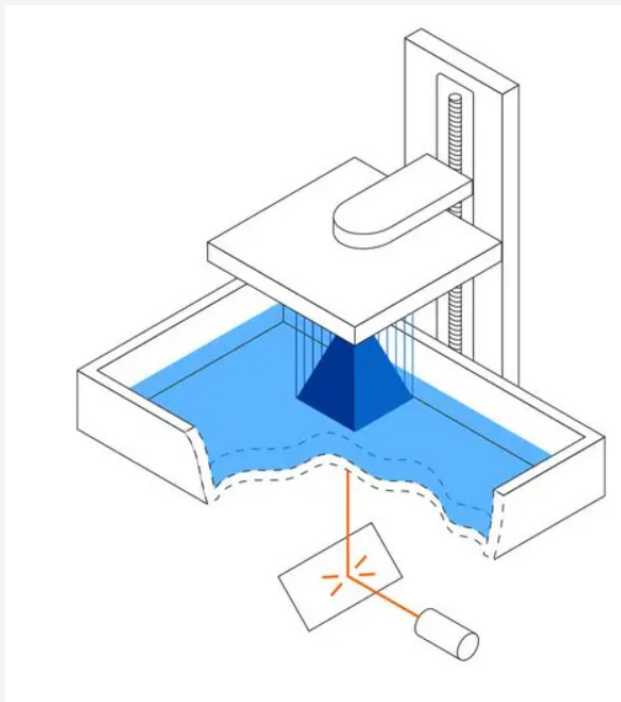
Existen distintos tipos de tecnologías empleadas en el proceso de prototipado rápido, siendo ellas desde técnicas rudimentarias de trabajo de prototipado como el uso de cartón y elementos básicos, como lo es el uso de la impresión 3D para la creación de formas y objetos complejos. El siguiente diagrama muestra los distintos tipos de impresión 3D utilizados en la creación de prototipos.



Imágene. Diagrama ilustrativo de los 7 tipos de impresión 3D. Carew, M, Errickson, D, 2020, An Overview of 3D Printing in Forensic Science: The Tangible Third-Dimension.

De los tipos de impresión 3D mostrados, los más comunes son la tecnología SLA, SLS y FDM.

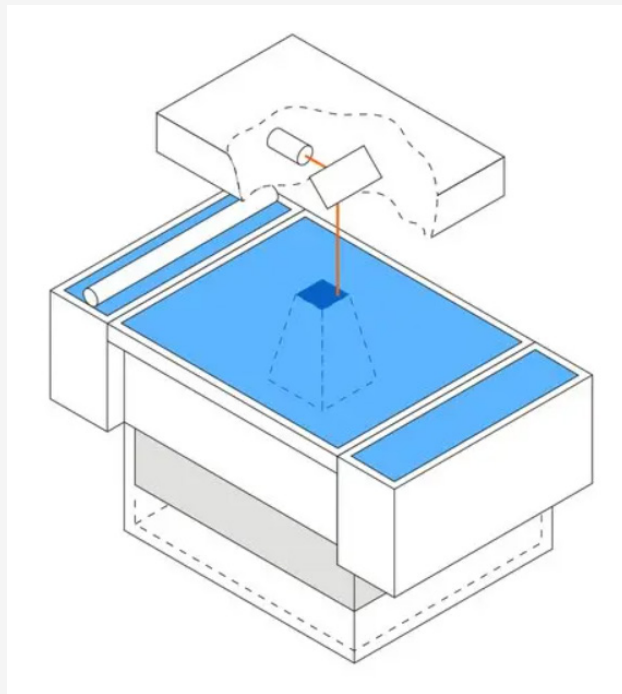
La tecnología SLA (Estereolitografía) es la construcción de un objeto tridimensional por medio de la manufactura aditiva. Estas máquinas están todas **con-**struidas contemplando el mismo principio, en donde, utilizando una fuente de luz, se cura una capa de resina fotosensible hasta que se transforma en plástico sólido. (Formlabs. 2022)



La siguiente ilustración detalla cómo funciona éste proceso.

Imagen funcionamiento de impresión 3D del tipo SLA, recuperado de Formlabs, <https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

Por otro lado, la tecnología SLS (Selective Laser Sintering) utiliza un láser de alta potencia para sintetizar pequeñas partículas de polvo de polímero en una estructura sólida basada en un modelo 3D. (Formlabs. 2022)



La siguiente ilustración detalla cómo funciona éste proceso.

Imagen funcionamiento de impresión 3D del tipo SLS, recuperado de Formlabs, <https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

En función de ésta investigación, y debido a ser el tipo de impresión 3D más popular y accesible, se define a la impresión FDM como el principal objeto de estudio.

La impresión 3D del tipo FDM (Fused Deposition Modeling) es un método de manufactura aditiva, en donde el material, que es filamento a base de polímeros, es extruido a través de un cabezal compuesto por una boquilla caliente, la cual derrite el material y lo deposita en forma de capas, según parámetros establecidos previamente. Estas capas se unen entre sí y crean el objeto final.

Actualmente existe una gran cantidad de modelos de impresoras 3D, en la siguiente tabla se muestran las 7 más comunes en Chile, junto a su costo, facilidad de uso, y usuario objetivo.

MODELO	RANGO	PRECIO	MATERIALES	FACILIDAD	USO PRINCIPAL
1. Ender-3	Principiante	160.000	PLA	KIT	Estudiante / Personal / Granja
2. Ender-3 V2	Principiante	220.000	PLA	KIT	Estudiante / Personal / Granja
3. Cr-6 Se	Principiante	320.000	PLA	SEMI	Estudiante / Personal
4. Cr-10 V3	Principiante	399.000	PLA PETG	SEMI	Estudiante / Personal
5. Anet E16	Principiante	260.000	PLA	SEMI	Personal
6. Prusa i3 MKS3S+	Avanzado	1.699.990	PLA PETG ABS TPU	KIT / SEMI	Estudiante
7. Markforged Onyx One	Avanzado	4.336.509	PLA, PETG, ABS, TPU, NYLON, FIBRA DE CARBONO.	ARMADA	Investigador

Tabla comparativa. Impresoras 3D en Chile, Conformado por comparación de precios rápidamente accesibles para ser comparadas junto a su existencia en laboratorios tipo FabLab, Creación del autor.

Además, existen una gran cantidad de tipos de filamentos a base de polímeros. En la siguiente tabla se pueden comparar los más comunes y sus características que los diferencian.

Material	Printing with enclosure	Dry box recommended	Hardened nozzle required	Nozzle temperature (+10 °C)	Bed temperature (+10 °C)	Printable on powder coated sheet	Printable on smooth PEI sheet	Soluble with common solvents	Heat deflection temperature (avg. °C)	Impact resistance Charpy (kJ/m <sup>2</sup> )	Tensile strength (MPa)	Price
> PLA	No	No	No	210 - 215 °C	60 °C	✓	✓	✗				
> PETG	No	No	No	240 - 270 °C	90 °C	✓	✓ with window cleaner	✗				
> PETG HT	No	No	No	270 °C	110 °C	✓	✓ with window cleaner	✗				
> ASA	Yes recommended	No	No	260 - 265 °C	95 - 110 °C	✗ not recommended	✓	✓				
> ABS	Yes recommended	No	No	240 - 255 °C	110 °C	✗ not recommended with glue stick	✓	✓				
> PC (Polycarbonate)	Yes recommended	No	No	270 - 275 °C	115 °C	✓ with glue stick	✗ not recommended	✗				
> CPE	No	No	No	275 °C	90 °C	✓	✓ with window cleaner	✗				
> PVA / BVOH	No	Yes	No	195 - 215 °C	60 °C	✓	✓	✓				
> HIPS	No	No	No	220 °C	110 °C	✓	✓	✓				
> PP (Polypropylene)	Yes	Yes	No	220 °C	100 °C	✗ not recommended	✓ with PP tape	✗				
> Flex	No	No	No	230 - 260 °C	50 - 85 °C	✓	✓ with glue stick	✗				
> nGen	No	No	No	240 °C	90 °C	✓	✓ with window cleaner	✗				
> Nylon	Yes recommended	Yes	No	250 °C	90 °C	✓ with glue stick	✗ not recommended	✗				
> Carbon filled	No	No	Yes	260 °C	90 °C	✓	✓	✗				
> Wood / metal filled	No	No	-	190 - 220 °C	60 °C	✓	✓	✗				

Imágen. Distintos tipos de filamentos basados en polímeros y sus características, recuperado de Prusa 3D, [https://blog.prusa3d.com/advanced-filament-guide\\_39718/](https://blog.prusa3d.com/advanced-filament-guide_39718/)

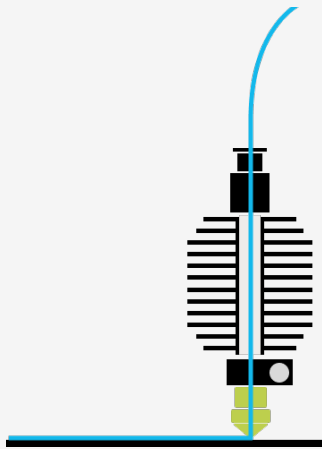
## 5.1.4 Funcionamiento y etapas de la impresión 3D tipo FDM.

El proceso de impresión 3D ocurre tanto en software como en hardware, a continuación será explicado en orden cronológico.

En primer lugar, se comienza con la preparación de un modelo 3D para ser impreso. A partir de esto se genera un archivo .gcode, el cual es una serie de instrucciones que permiten a la impresora crear el objeto requerido. Este proceso se realiza a través de un software denominado Slicer, el cual se encargará de “cortar” el modelo 3D en capas y generar el archivo .gcode en base a distintos parámetros definidos por el usuario.

Después de la preparación del archivo, comienza el proceso de impresión en sí, como los parámetros fueron definidos dentro del slicer, en la impresora solo se debe dar la instrucción inicial de imprimir. La máquina procederá a elevar su temperatura y comenzará la impresión.

El material utilizado para la impresión es un filamento creado a base de polímeros. El cual es extruido constantemente a través del cabezal y boquilla caliente, quienes se trasladan en función del archivo .gcode preparado y depositan el filamento derretido sobre la superficie de impresión, creando primero la capa número 1, para seguir con la 2 y todas las necesarias para completar la impresión. (Kerr, 2022)



La ilustración permite observar al filamento azul entrar al cabezal y continuar hasta llegar a la boquilla caliente donde es derretido y depositado en la superficie de impresión.

Imagen ilustración que detalla el paso del filamento por el cabezal hasta ser depositado en la superficie de impresión, Creación del autor.

Una vez finalizado el objeto, la impresora procederá a enfriar la boquilla y superficie de impresión. Luego que esto ocurra el usuario procederá a retirar el objeto resultante de la superficie.

La siguiente imagen muestra el proceso de impresión 3D de inicio a fin.

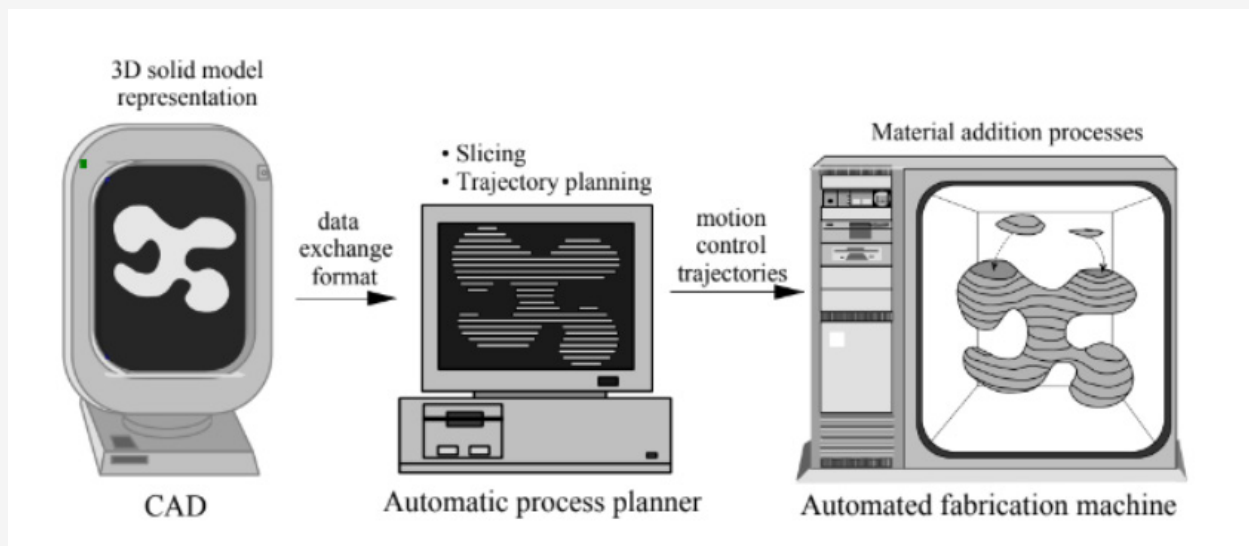


Imagen. Representación de preparación y proceso de impresión 3D, Weiss, L, 1997, Solid freeform fabrication using a layered manufacturing paradigm, figura, Rapid prototyping in Europe and Japan.

Existe además una etapa de post-procesamiento de las piezas u objetos impresos en 3D, la cual dependerá principalmente de si el objeto impreso requirió o no material de soporte. En caso que sí lo haya requerido, este puede ser retirado o cortado de la impresión, obteniendo así el objeto final.

## 5.1.5 Tipos de filamentos para la impresión 3D de prototipos.

Fue mencionado anteriormente que existe una gran cantidad de tipos de filamentos a base de polímeros. Pero debido a las características intrínsecas de cada uno y el trabajo iterativo que requiere el prototipado rápido no todos son viables para ser utilizados, ya sea por las condiciones que requieren para ser trabajados, su facilidad de uso y su costo.

Actualmente ocurre que los 3 tipos de filamento más comunes son los más utilizados para prototipar, siendo ellos el PLA, PETG y ABS.

El PETG (Polietileno tereftalato glicol) es el plástico que se encuentra en la mayoría de botellas de bebida, siendo sus principales características la dureza y maleabilidad. Por otro lado se tiene al ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno), el cual es el plástico más común en el mundo, cuyas principales características son la rigidez, la resistencia a impactos y su gran resistencia térmica. Ocurre además que estos 2 filamentos requieren de ajustes y condiciones específicas para ser utilizados, como la necesidad de una cámara que logre mantener una temperatura ambiente elevada para poder imprimir con ABS y las altas temperaturas de extrusión que requiere tanto el PETG como el ABS.

(What Is PETG? (Everything You Need to Know), n.d.)

Siendo que los materiales mencionados son utilizados para el prototipado, debido a sus requerimientos técnicos para llegar a un buen resultado de trabajo, se tiende a utilizar principalmente al PLA cuando se necesita prototipar y validar rápidamente.

El PLA, al ser accesible económicamente y contar con una facilidad de uso mayor que los demás filamentos mencionados, termina siendo el material de elección constante para el prototipado rápido.

## 5.1.5 Características del PLA y su aplicación en prototipos.

Durante el transcurso de esta investigación, se toma al filamento PLA (Ácido poliláctico) como principal objeto de estudio, debido a las características que posee el material. El Ácido poliláctico es accesible, es el tipo de filamento con el que se introduce a usuarios nuevos a la impresión en 3D, debido a su facilidad de uso y bajo costo.

El PLA o Ácido Poliláctico, es un plástico derivado de materias sustentables fermentadas como el maíz, caña de azúcar, pulpa de remolacha azucarera y la mandioca; otorgándole la capacidad de ser biodegradable. El PLA es soluble en dioxano, benceno caliente y tetrahidrofurano. Las propiedades físicas y mecánicas difieren según el tipo exacto de polímero, desde un polímero vítreo amorfo hasta un polímero semi o altamente cristalino con una transición vítrea de 60 a 65 °C. Cuenta con una temperatura de fusión de 130 a 180 °C y una resistencia a la tracción del módulo de Young de 2,7 a 16 GPa.

(What Is PLA? (Everything You Need to Know), n.d.)

Este material puede resistir temperaturas de 52°C antes de comenzar a deformarse, su máxima resistencia térmica es de 110°C, en donde se encontrará cercano a su punto de fusión y perderá toda resistencia mecánica y propiedades dimensionales.

Las propiedades intrínsecas del PLA son lo que lo denominan como desfavorable para ser utilizado en la creación de prototipos, siendo estas propiedades su baja resistencia térmica, su baja resistencia a la abrasión y su baja flexibilidad y elasticidad. Pero, en consecuencia de ser el material más barato y fácil de usar en la impresión 3D, es utilizado de igual forma con el fin de prototipar.v

<b>MATERIAL</b>	<b>PRECIO x kg</b>
PLA (Ácido poliático)	9.800
PETG (Tereftalato de polietileno)	18.000
ABS (Acrilonitrilo butadieno)	16.000
TPU (Poliuretano termoplástico)	21.000
Fibra de Carbono	55.000
Nylon	155.000

Se presenta además la siguiente tabla comparativa que detalla el precio del PLA en comparación con distintos materiales que son utilizados con el propósito de prototipar.

Tabla. Comparativa de precios de materiales más utilizados para la impresión 3D en función del prototipado, creación del autor.

## 5.2.1 Estrategias utilizadas para incrementar la usabilidad de PLA en el prototipado.

Existen hoy en día distintas intervenciones **tanto** antes como después del proceso de impresión que buscan mejorar el alcance del PLA en función del prototipado.

Estas intervenciones serán divididas en 3 casos distintos. Las modificaciones de hardware de la impresora, las modificaciones del material a utilizar para imprimir y el post procesamiento de las piezas impresas.

En primer lugar se encuentran las modificaciones de hardware que pueden ser realizadas para mejorar el funcionamiento de la impresora. Gran parte de estas modificaciones son realizadas en función del extremo caliente, ya que es una parte fundamental de la impresora **quien** se encarga de que la impresión ocurra de manera correcta. Esta pieza está conformada por la boquilla, tubo calefactor, bloque de fusión y garganta.

En la siguiente imágenes se pueden apreciar los extremos calientes más populares utilizados con el fin de intervenir el hardware de impresión 3D.



### E3D V6

Extrusor Construcción completa de metal para un funcionamiento a altas temperaturas.

62.000 CLP

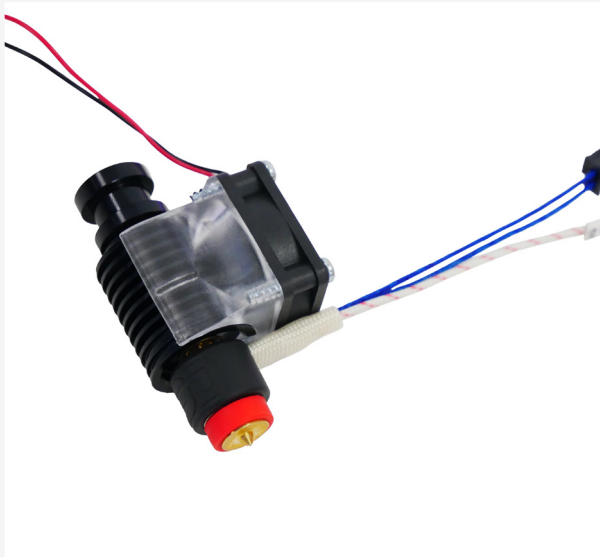
E3d all metal hot end, recuperado de e3d, [www.e3d-online.com/](http://www.e3d-online.com/)

## Micro Swiss

Construcción completa de metal para un funcionamiento a altas temperaturas.

60.000 CLP

Micro Swiss hot end, recuperado de Micro Swiss Tech, [www.store.microswiss.com](http://www.store.microswiss.com)



## E3D Revo 6

Construcción completa de metal para un funcionamiento a altas temperaturas.

Sistema de cambio rápido de boquillas.

118.000 CLP

E3d Revo 6 hot end, recuperado de e3d, [www.e3d-online.com/](http://www.e3d-online.com/)

## Mosquito

Funcionamiento a altas temperaturas. Diseñado para aguantar **el abuso constante.**

Sistema de cambio de boquilla con una mano.

143.000 CLP

Mosquito hot end, recuperado de Slice engineering, [www.sliceengineering.com](http://www.sliceengineering.com)



En segundo lugar se tienen las modificaciones realizadas al filamento mismo. En el caso del PLA son modificaciones que ocurren a la hora de producir el filamento, en donde se agregan partículas del material del que se quiere extraer sus cualidades.

En la siguiente tabla se puede apreciar el resultado de la intervención mencionada.

MATERIAL	AGREGADO	PROPIEDADES NUEVAS	COSTO X KG	USO PRINCIPAL	PROS	CONS
1. PLA +	Varía según fabricante.	Mayor rigidez y dureza.	15.990	Piezas funcionales que requieran dureza o una mejor resistencia a la temperatura que el PLA normal.	Facilidad de uso comparable al PLA normal. Mejora de rigidez y resistencia a la temperatura.	Propenso a "stringing" Mejoras son mínimas, alrededor de un 10% a 15%.
2. PLA + MADERA	Polvo de madera. Aserrín. Derivados de madera en forma de Polvo	Características y acabado de madera Fácil lijado y pulido. Posible aplicación de aceites y barnices específicos para madera	20.000	Decoración.	Acabado y textura de madera. No necesita boquillas especiales. Permite imitación de madera.	Propenso a "stringing" Propenso a tapar boquilla.
3. PLA + COBRE	60% de cobre en formato de polvo.	Propiedades antibacterianas.	28.990	Objetos antibacterianos.	Mayor peso que PLA normal. Antibacteriano.	Filamento quebradizo. Requerimientos de temperatura y boquillas especiales.
4. PLA + FIBRA DE CARBONO	15% de fibras de carbono.	Rigidez. Resistencia a la abrasión.	41.000	Objetos y piezas funcionales y expuestas a los elementos.	Mayor rigidez que PLA normal. Mayor resistencia a la abrasión y fuerza estructural.	Menor flexibilidad. Requerimientos de temperatura y boquillas especiales.
5. PLA CONDUCTIVO	Grafito en forma de polvo.	Conductividad eléctrica.	48.990	Circuitos. Proyectos interactivos.	Conductividad eléctrica.	Menor flexibilidad. Requerimientos de temperatura y boquillas especiales. Quebradizo.

Tabla. Comparativa de aleaciones de PLA, Recuperado del fabricante de filamento Esun desde <https://www.esun3d.com/filaments/>, Creación del autor.

Por último, y en tercer lugar, nos encontramos con la estrategia del trabajo en el post procesamiento de las piezas impresas. Dicho trabajo de post procesamiento implica la aplicación de distintos tipos de revestimientos con el fin de crear una capa protectora que cumpla con las cualidades requeridas para prototipar.

## 5.2.2. Agentes utilizados para la mejora de propiedades en el post proceso.

A través del proceso de investigación de la mejora de propiedades de objetos impresos en 3D se encuentran distintas vías de trabajo relacionadas al post procesamiento de las mismas piezas.

En función de esta investigación, los procesos de post procesamiento son divididos en 2 categorías, el trabajo de superficie y la aplicación de recubrimientos, ambos enfocados en el PLA.

Dentro de lo que es el trabajo de superficie nos encontramos con el principal objetivo de deshacerse de las visibles líneas que deja el proceso de fabricación por deposición de filamento fundido. Este tipo de trabajo se realiza principalmente con objetivos estéticos y de preparación de superficie para otro tipo de tratado.

Con el fin de eliminar las líneas de capas producidas por el tipo de fabricación se emplea el uso de lijado de superficie, en donde con distintos gramajes se realiza un cambio en la superficie de la pieza, retirando material hasta que no sean visibles las capas. Por otro lado, es utilizada la técnica de spray primers, generalmente utilizados para preparar una superficie para ser pintada. En este caso se aplican con el fin de que la pintura más gruesa de lo común rellene el espacio entre capas y se aliviane el trabajo de lijado.

En segundo lugar será discutida la categoría de aplicación de revestimientos como trabajo de post procesamiento en objetos impresos en 3D con el material PLA.

Para trabajos que requieran mejores terminaciones y características agregadas lo mejor es aplicar un revestimiento que cuente con las características que se le quieren agregar al PLA, creando una capa protectora para la pieza en cuestión.

Antes de hablar de los revestimientos en sí, se hablará de la técnica de recocido, la cual en si no es un revestimiento pero tiene una aplicación similar a la de la aplicación de los mismos.

El Recocido es un tratamiento térmico, generalmente usado en la metalurgia, en donde se calienta un metal o una aleación a una temperatura determinada, para luego enfriarlo a temperatura ambiente con el fin de mejorar la ductilidad y reducir la fragilidad del metal, además, este tratamiento ayuda a eliminar el estrés interno que puede tener un material. Este proceso tiene como fin preparar un metal para luego ser tratado y trabajado. (Bodycote Plc, n.d.)

Este mismo tratamiento puede ser aplicado a las piezas impresas en PLA, en donde se sumerge la pieza en cuestión en una olla con agua a alrededor de 70 grados celsius. El proceso tiene el fin de derretir la superficie de la impresión para que cuando sea retirada del baño caliente la misma pieza se enfríe y cree un vínculo homogéneo entre capas, mejorando, generalmente, la resistencia de la pieza tratada, ya que se eliminan los puntos de quiebre más comunes, que son la mala unión entre capas que puede ocurrir. Ahora, el gran problema de este tratamiento es que se tiende a perder la precisión dimensional de la pieza tratada, el brusco cambio de temperatura produce pandeo o deformación en la superficie. Por lo que se concluye que el recocido sirve para mejorar propiedades relacionadas a la fuerza de un objeto impreso en PLA, pero con el negativo de la pérdida en la precisión dimensional del mismo.

Dentro de lo que son los revestimientos utilizados para el post procesamiento de las impresiones en PLA se encuentran distintos tipos, siempre dependiendo del fin que se le quiera dar a la pieza, por ejemplo, si se quiere que la pieza en cuestión tenga una mejor resistencia a la abrasión se le aplicará un revestimiento que logre hacer eso mismo.

Como fue mencionado anteriormente el trabajo de post procesamiento cuenta con la aplicación de distintos tipos de revestimientos o recubrimientos con el fin de otorgarle nuevas propiedades al objeto al que se les aplican.

A continuación, se dispone una tabla comparativa en donde son categorizados en detalle los distintos tipos de revestimientos que son aplicados.

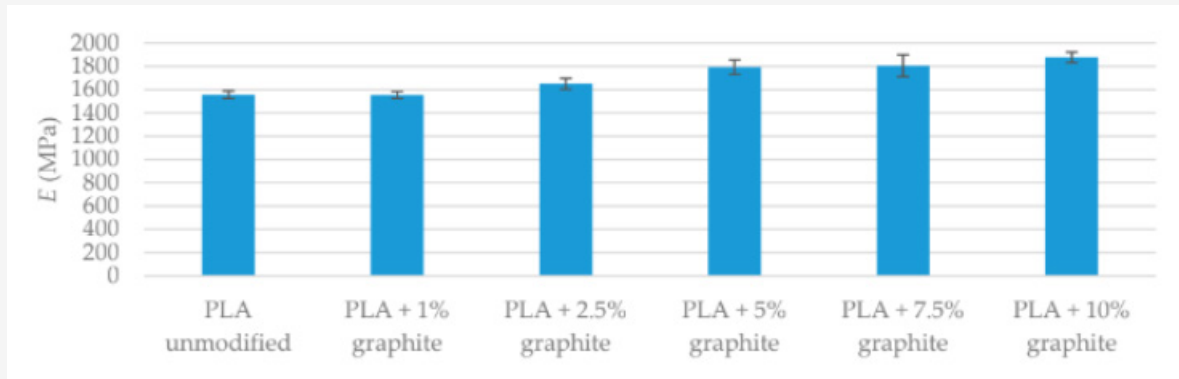
MATERIAL	ESTADO	APLICACIÓN	PROPIEDADES	TRABAJO DE POST	USO PRINCIPAL
1. Teflón (PTFE)	Líquido	Spray.	Resistencia térmica 260°C. Capa hidrofóbica. Protección abrasión.	Curado a temperaturas elevadas de entre 390°C y 420°C	Resistencia térmica.
2. Poliuretano	Sólido (Polvo)	Suspensión de poliuretano en solvente. Spray.	Mayor elasticidad. Resistencia a abrasión. Resistencia a altas temperaturas. Baja resistencia a rayos UV.	Tiempo de curado variado pero corto. No necesita aditivos.	Resistencia abrasión.
3. Cerámica	Líquido	Manual por medio de líquido exparcido utilizando un paño en la superficie	Capa hidrofóbica. Protección abrasión. Protección rayos UV. Resistencia Térmica.	Después de aplicación de revestimiento se utiliza un sellante en spray de silicona.	Resistencia abrasión.
4. Plasti Dip	Líquido	Spray.	Capa hidrofóbica. Protección abrasión. Protección rayos UV. Resistencia Térmica.	Clear coat para proteger.	Resistencia abrasión.
5. Revestimiento Epóxico	Líquido	Deposición manual de resina junto a un catalizador.	Elasticidad. Capa hidrofóbica. Protección abrasión. Protección rayos UV.	Esperar curado.	Elasticidad.
6. Grafito	Sólido (Polvo)	Suspensión de grafito en alcohol etílico. Spray.	Conductividad eléctrica. Lubricación. Resistencia térmica. Secado rápido	Esperar secado y evaporación alcohol.	Lubricación y conductividad eléctrica.
7. PVC (cloruro de polivinilo)	Líquido	Suspensión de PVC en una malla de políester. Agente adhesivo une ambos.	Resistencia térmica. Resistencia rayos UV. Resistencia cambios de temperatura. Flexibilidad.	Curado temperatura regular.	Flexibilidad.

Tabla. Comparativa de revestimientos aplicados en plástico, Merck Chile. (n.d.). Sigmaaldrich. Recuperado el 15 de Julio 2022, de <https://www.sigmaaldrich.com/CL/es>, Creación del autor.

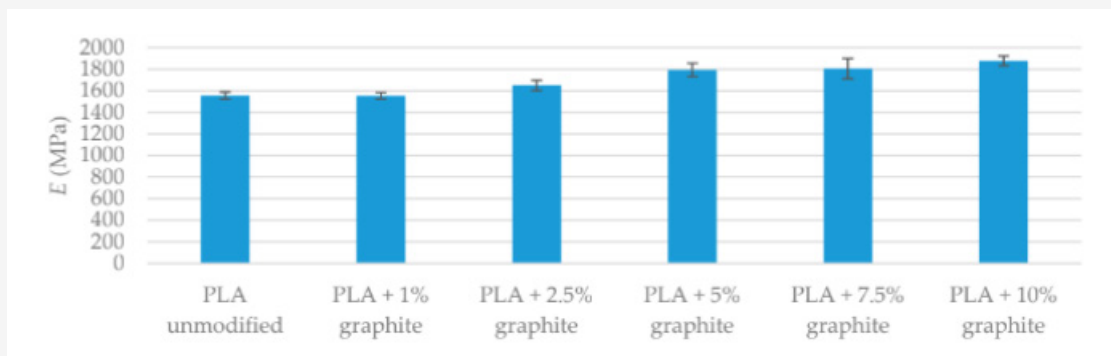
Con el fin de comprobar la hipótesis de que la aplicación de un revestimiento logrará modificar las propiedades del PLA de tal forma que este mejorará su desempeño al ser utilizado para prototipar.

A continuación se realiza un estudio en referencia al PLA con grafito. Creando una metodología experimental con el objetivo de aportar a la comprobación de la hipótesis propuesta.

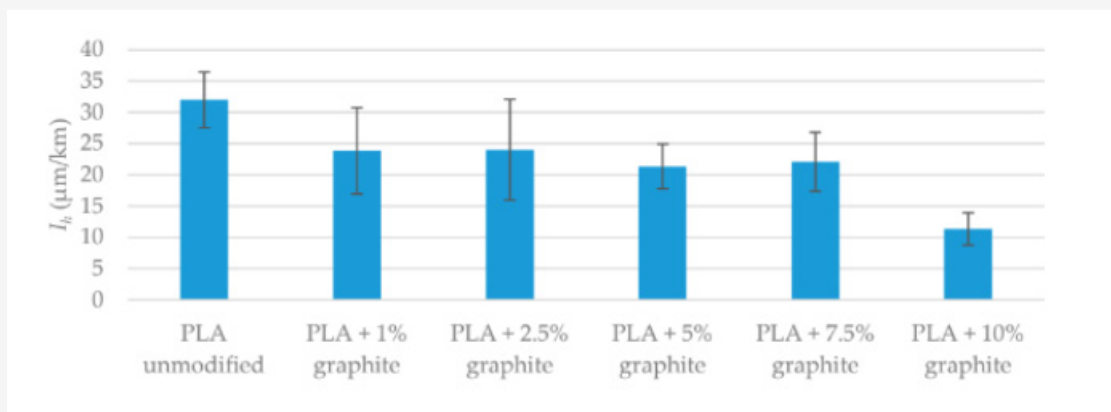
El PLA con grafito mejora en las propiedades tribológicas del mismo, siendo ellas la fricción, el desgaste y la lubricación. Por ende mejorando la fuerza del material y la capacidad de flexibilidad en comparación con el PLA tradicional. Las siguientes tablas muestran el efecto de la añadidura de grafito en el PLA.



Imágen. Gráfico comparativo de resistencia a la flexión, Przekop, R, 2020, Graphite Modified Polylactide (PLA) for 3D Printed (FDM/FFF) Sliding Elements.



Imágen. Gráfico comparativo de muestras estiradas, Przekop, R, 2020, Graphite Modified Polylactide (PLA) for 3D Printed (FDM/FFF) Sliding Elements.



Imágen. Gráfico comparativo de muestras y su tasa de desgaste, Przekop, R, 2020, Graphite Modified Polylactide (PLA) for 3D Printed (FDM/FFF) Sliding Elements.

En base a las tablas tomadas de los estudios presentados, se logra demostrar la mejora en las propiedades relacionadas a la flexibilidad, deformaciones y abrasión.

Entonces, con el fin de comprobar que la aplicación de un revestimiento mejora las propiedades del PLA se decidió tomar al grafito como aditivo para aplicar mediante un revestimiento.

Se entiende además, que la aplicación de un aditivo durante la producción de un polímero no dará exactamente los mismos resultados que al ser aplicado el mismo aditivo de manera externa como recubrimiento. Por lo mismo se realiza la siguiente investigación en relación a las propiedades de los revestimientos en base a grafito.

La siguiente tabla comparativa muestra el resultado de la aplicación de un revestimiento de grafito en una probeta.

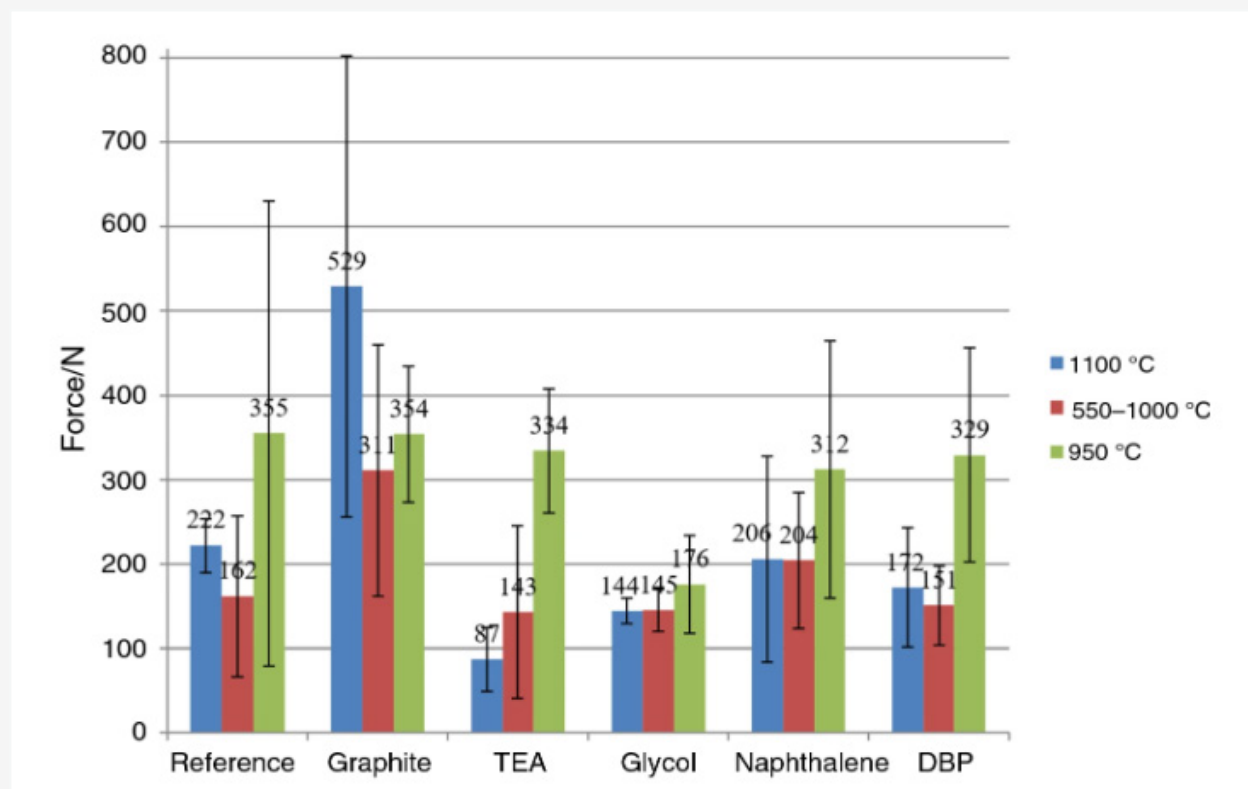


Imagen. Gráfico comparativo de aplicación de grafito como revestimiento, Imiela, M., Anyszka, R., Bieliński, D.M. 2019, et al. Effect of graphite and common rubber plasticizers on properties and performance of ceramizable styrene-butadiene rubber-based composites. J Therm Anal Calorim 138, 2409–2417.

Para lograr la dispersión de un revestimiento en base a grafito se tiene que crear una suspensión acuosa utilizando la creación de suspensiones en base al estudio "Stable Aqueous Suspension and Self-Assembly of Graphite Nanoplatelets Coated with Various Polyelectrolytes" en donde define el ejemplo de 0.1 gramos de grafito dispersados en 100 ml de una solución de polielectrolito.

Cómo resultado de la investigación en referencia al material a utilizar en forma de revestimiento se decide que un testeo inicial con la utilización de una suspensión de grafito en un medio acuoso **logrará comprobar la hipótesis**. La suspensión será preparada siguiendo las fórmulas presentadas anteriormente. Para luego ser dispersada en una probeta impresa en PLA y compararla con el compuesto original de PLA y grafito.

**En función de la literatura estudiada y los resultados de los experimentos realizados, los cuales serán presentados más adelante, se concluye que la aplicación de revestimientos con el fin de mejorar el alcance de prototipado del PLA es una propuesta de valor importante.**

## 5.3 Mundo Maker y Fab Lab Chile.

Gran parte de los estudios realizados fueron conducidos en espacios conocidos como Fab Lab.

Un Fab Lab, o laboratorio de fabricación digital, es un lugar para jugar, para crear, para enseñar y para crear: **Un lugar de aprendizaje e innovación. Un Fab Lab provee el acceso al ambiente, habilidades, materiales y la tecnología necesaria para permitir a cualquier persona crear (casi) todo.** (Gershenfeld, 2001, p. 1)

**El primer laboratorio de fabricación fue fundado por Neil Gershenfeld, el 2001 en el Centro para Bits y Átomos (CBA) del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT); dando paso a la primera noción de fabricación personal e individualización de la producción**

**Son espacios de experimentación, innovación y aprendizaje, abiertos a quienes estén interesados en usar los espacios. Fab Lab es una red internacional conectada de laboratorios, actualmente existen más de 1.750 laboratorios fundados y conectados entre sí (17 de ellos presentes en Chile); esto permite crear una red compartida de conocimiento y pasión por la experimentación, el aprendizaje y la innovación.**

**Estos espacios de innovación, aprendizaje y experimentación abren paso al denominado movimiento "Maker" el cual, como** menciona Dougherty en su paper en relación al movimiento Maker

El ser "Maker" nace de la necesidad de las personas de relacionarse con objetos en distintas formas que los hagan algo más que solo consumidores, los Makers, en su esencia, son entusiastas enfocados en la solución de un gran rango de problemas, quienes se caracterizan por la pasión con el descubrimiento... Mientras más entremos en algo que no sabíamos hacer antes, sea por el aprendizaje particular, por leer un artículo o por hablar con un amigo, más interesante se vuelven nuestras vidas. (Dougherty D, 2012)

En base a lo mencionado anteriormente, el enfoque de esta investigación dentro de los denominados Fab Lab se debe a dos puntos clave;

Un Fab Lab otorga un esperable de equipamiento y materiales disponibles, al ser una red internacional definida el usuario se puede asegurar de que a cualquier laboratorio que visite se va a encontrar con la maquinaria y tecnología necesaria para realizar su proyecto; el listado básico de equipamiento de un Fab Lab reconocido cuenta con impresoras 3D, CNC Router, cortadoras laser, computadores de alta potencia y áreas de trabajo designadas.

Estos espacios, al ser laboratorios, son lugares de experimentación, en donde alguien nuevo en el mundo Maker y de fabricación puede realizar preguntas y ser guiado en el proceso de aprendizaje. Por otro lado, los Fab Lab son un punto de encuentro de la comunidad Maker, por lo que al enfocar la investigación en estos lugares, se puede asegurar el descubrimiento de información verídica, constante y que provenga directamente de la comunidad y usuarios que prototipan y crean en el día a día, ya sea como pasión o trabajo.

# 6. Propuesta Conceptual

A modo de propuesta, tomando en cuenta la investigación realizada tanto en terreno como de material pre existente se propone elaborar un método de dispersión de revestimiento. Lo anterior, con el fin de mejorar el alcance de prototipado del PLA, otorgándole la capacidad al usuario de definir la característica que quiera mejorar y lo logre de manera sencilla.

## 6.1 Problema.

En primer lugar, se define al usuario como estudiantes y jóvenes makers que entran en el mundo de la impresión 3D como herramienta de prototipado y validación para sus proyectos, quienes, ya sea por poca experiencia, alcance, poder económico, se han visto obligados a utilizar el PLA como material principal de prototipado, y que a raíz de eso el proceso de su proyecto y la validación del mismo se ha visto afectado de forma negativa; Por lo que se define como problema al poco alcance de prototipado que tiene el PLA, la inhabilidad de los usuarios para poder utilizar otro material, debido a factores económicos, y que las soluciones existentes que buscan mejorar el alcance de prototipado del PLA requieren un compromiso mayor de tiempo, eliminando la posibilidad de iterar constantemente de forma eficaz.

Este problema, compuesto por 3 puntos, culmina en la fabricación de prototipos que no logran testear o validar lo requerido para el proceso de elaboración de un proyecto que requiera la exploración e investigación.

## 6.2 Oportunidad.

Se encuentra la oportunidad de entregarle a los usuarios un medio donde puedan modificar las propiedades del PLA según estimen conveniente, con el fin de mejorar el alcance de prototipado del PLA, el material más económico y adecuado para la constante prueba y error.

## 6.3 Validación.

A modo de estudio y validación de tanto el usuario, la pregunta de investigación y la propuesta conceptual fue realizado un proceso de validación compuesto por investigación en terreno y entrevistas **junto a el estudio** de material pre existente.

Dentro de las conversaciones e insights obtenidos a partir de las mismas se **de-**stacan las siguientes.

En primer lugar se habló con Marcelo Vega, de Space Robotics. Quién explica su proceso de prototipado **y validación y aclara** que Dogbot ha pasado por una fase extensa de prototipado, sin duda ha sido difícil, principalmente por el coste de materiales que necesitamos, hemos tenido menos oportunidades de fallo y aprendizaje por bajo presupuesto. Vega, M. (2022)

En segundo lugar, existió un constante contacto con alumnos de diseño que utilizaron la metodología del design thinking con un enfoque en el prototipado de manera constante, son extraídos 2 comentarios clave que logran definir el dolor por el que se pasa al momento de querer adentrarse en el proceso de prototipado.

Manuel Tenorio, de la mención de diseño de interacción digital, quién a vísperas de la entrega de su examen final cuenta, en relación a su proyecto “Pigtómata”, que las medidas y piezas estaban increíbles, todo entraba en su lugar perfecto... Encendimos el prototipo y se rompió... Resulta que el PLA no resistió la fuerza a la que lo expusimos. Tenorio, M. (2022). Cabe destacar que la situación de Manuel Tenorio es clave para la validación del problema propuesto, ya que es un estudiante que se adentra por primera vez en el mundo de fabricación, utilizando la impresión 3D por primera vez y sufriendo por el coste de entrada que es tanto la curva de aprendizaje de la tecnología como las implicancias económicas de la misma.

Por otro lado se considera un caso extremo, el cual culmina en la decisión de no acudir a la impresión 3D como herramienta de prototipado. Vicente Illanes, de la mención de diseño de interacción digital, comenta que en la etapa de ideación y planificación de la puesta en acción de su idea él, junto a su equipo, llegan a la conclusión que, a raíz del material al que tenían acceso descartan a la impresión 3D como herramienta a utilizar.

Rápidamente descartamos la impresión 3D para nuestra bicicleta, no sólo porque era un compromiso de tiempo enorme, sino que sabíamos que el PLA no iba a aguantar... investigamos otros materiales pero dejamos de lado ese camino por el precio, además de que la impresora que teníamos no tenía el hardware necesario para usarlos. Illanes, V. (2022)

Los 3 casos presentados anteriormente tienen en común el estar presentes en una situación que requiere al prototipado rápido como método de validación y que a raíz de la accesibilidad de materiales escogen al PLA para realizar prototipos que requerían de propiedades y prestaciones que no están presentes en el PLA.

# 7. Marco metodológico.

## 7.1 Tipo de investigación.

La investigación que ha sido y continuará siendo desarrollada es de carácter cualitativa, experimental e hipotética deductiva; En donde, a partir de la hipótesis o pregunta de investigación propuesta, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de material pre existente para luego pasar a una etapa de experimentación y testeo.

Cuenta además con características cuantitativas debido a la investigación de material existente en forma de papers científicos.

Al mismo tiempo, es considerado el estudio como experimental y analítico.

### 7.1.2 Contexto de descubrimiento.

Se realizaron visitas a principales Fab Labs de Chile, siendo ellos los presentes en la Universidad Católica, Universidad Adolfo Ibañez y Universidad de Chile, en donde, a partir de conversaciones, entrevistas, observación y lectura de material preexistente. Por otro lado, utilizando las mismas metodologías de recopilación de datos se hace uso del área de Explora Tec UDD.

## 7.2 Metodologías a emplear.

### 7.2.1 Método de desarrollo doble diamante.

A lo largo de la investigación, se emplea la metodología de doble diamante, la cual se define por 4 fases pautadas para el proceso de diseño e investigación.

En primer lugar, se descubre el problema; A partir de investigación en terreno, conversaciones con Makers y participantes de Fab Lab en Chile se determina el dolor asociado con la etapa de prototipado de un proyecto y las desventajas que posee actualmente.

En segundo lugar, se define el problema en base al usuario definido anteriormente, es comprobada su veracidad en base a más investigación en terreno y de textos.

En tercer lugar se desarrolla una propuesta conceptual **respaldada** por la investigación tanto en terreno como de material existente que busca responder al problema definido, manteniendo en el centro al usuario en cuestión.

Finalmente, en cuarto lugar se desarrollará esta solución por medio del constante testeo e iteración para culminar en una solución tangible al problema definido.

## 7.2.2 Método Pruebas con usuario.

Con el fin de asegurarse de la usabilidad y viabilidad del proyecto cada etapa de prototipado desarrollada más adelante pasó por un proceso de pruebas con usuario, en donde se fue a consultar con los mismos makers de Fab Labs y Exploratec UDD, ya que son esos establecimientos donde se reúnen los principales usuarios objetivo. Fueron realizadas exposiciones de manera informal y de tipo focus group, las cuales serán detalladas más adelante.

## 7.3 Desarrollo de prototipos.

A modo de planificación y organización del desarrollo de la propuesta conceptual presentada a lo largo de este escrito, se presenta a la siguiente carta Gantt detallando el proceso.

PLANIFICACION DESARROLLO DE PROYECTO DE TITULO	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
TAREA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Determinar propiedades necesarias para el experimento.	█	█																		
Definir revestimientos a utilizar.	█	█	█																	
Compra de materiales para pruebas.			█	█																
Creado pieza inicial de testeo para revestimiento.				█																
Definición proceso de testeo.				█	█															
Testeo inicial piezas de prueba y revestimiento.				█	█	█	█	█												
Método de aplicación revestimiento.							█	█	█	█										
Integración en impresión 3D.									█	█	█	█								
Automatización dispersión de revestimiento.													█	█	█					
Testeo propiedades otorgadas por medio de dispersión.									█	█	█	█	█							
Automatización de modificación archivo .gcode														█	█	█	█	█	█	█
Testeo con usuarios foco y terreno.				█				█						█	█	█	█	█	█	█
Preparación presentación																	█	█	█	█
Presentación final.																				█

Tabla. Carta gantt, creación del autor.

Son tomados en cuenta los meses desde el inicio del segundo semestre académico hasta la fecha estipulada de presentación y cierre de proyecto. Destacando el proceso de testeo y validación iterativo que ocurrirá durante el desarrollo del proyecto, acorde a la metodología doble diamante junto con el enfoque en el Design Thinking.

### 7.3.1 Banco de prueba inicial de conceptos y materiales.

Como prueba de concepto se plantea la hipótesis:

**Una mejor unión entre capas resulta en una pieza final impresa más fuerte.**

Debido a que el **cianocrilato** es un material que otorga estas características (pegado) y tiene fácil acceso se realizan las primeras pruebas de concepto en base al material.

Son realizados los siguientes experimentos en base a la etapa de prueba de concepto.

Es modelada y diseñada una probeta que se pueda replicar de forma constante, la cual tiene un punto de quiebre determinado, con el fin de medir los resultados de los experimentos a seguir.

En primer lugar se imprime la probeta sin ningún tipo de modificación. Cuyas características cuentan con una altura de capa de 0.2mm, 2 paredes exteriores y un relleno del 10% del, además se utiliza una **velocidad conservadora** de 50 mm/s. Todo realizado con una boquilla de 0.4mm y utilizando PLA del productor nacional Cicla a una temperatura de 215 grados celsius.

Como primer experimento es creado un g-code que detiene la impresión en el supuesto punto de quiebre de la probeta, en donde rápidamente se aplica cianocrilato por medio de goteo, luego se reanuda la impresión.

Los resultados de este experimento son los siguientes:

La probeta final no tiene una mayor fuerza que la probeta estándar.

El punto donde se aplica el cianocrilato pasa a ser el punto más débil.

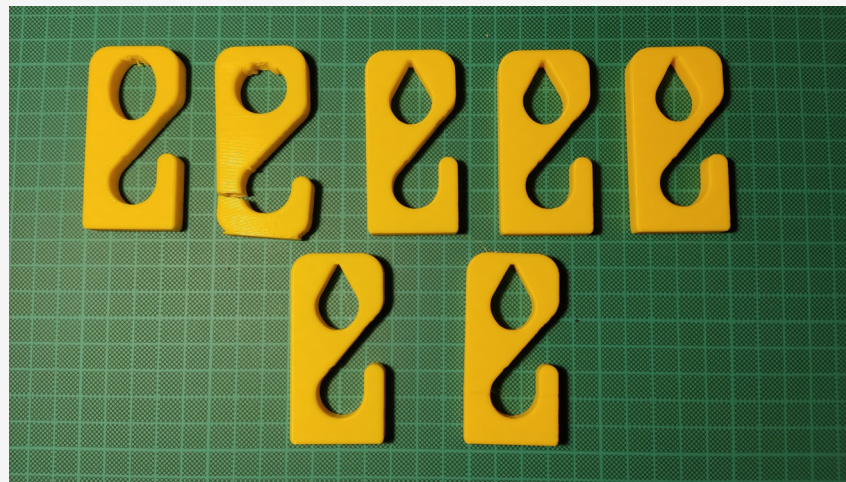
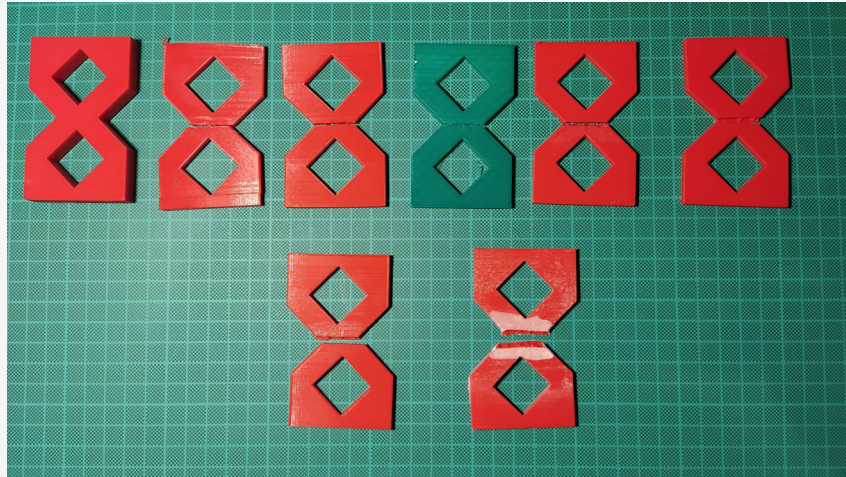
La probeta no logra tener una mayor fuerza de adhesión entre capas debido a que la aplicación del cianocrilato es en caliente, por lo que al volver el cabezal a continuar la impresión hace bullir al material utilizado, eliminando la capacidad de pegado entre capas y generando una peor adhesión de lo normal de las mismas.

A partir de los resultados se realiza otro experimento en donde se espera el curado del cianocrilato antes de aplicar la capa siguiente con el cabezal caliente. Los resultados son parecidos, si bien no es tan débil como el experimento anterior, el material utilizado hace que la adhesión entre capas no sea óptima.



Imágen. Experimentación de unión de capas y fuerza de piezas, creación del autor.

Como segundo experimento se imprime la probeta en su totalidad y se aplica el revestimiento de cianocrilato en todo el exterior de la pieza. Los resultados se ven en las siguientes imágenes.



La forma de la probeta tiene la función de crear un punto esperado en donde va a fallar, facilitando el proceso de observación de muestras.

Imagen. Experimentación de unión de capas y fuerza de piezas, creación del autor.

A modo de tercer experimento, se crea un revestimiento en base a la suspensión de grafito en un medio acuoso.

Es tomada la patente titulada Nano-graphite slurry preparation method, número CN105060281A. En donde se detalla cómo preparar una suspensión de grafito y los porcentajes a utilizar.

Es utilizada entonces, a partir de la patente estudiada, que la relación en masa de grafito y el agente de dispersión es de 5:1. El contenido sólido del líquido de suspensión descrito es del 10 % al 25 %. (Haihui, Z, Hanyu, Z. 2015)

Por otro lado, la suspensión es realizada en agua desmineralizada, debido a su PH neutro. (Haihui, Z, Hanyu, Z. 2015)

Las siguientes imágenes detallan el proceso de preparación de la suspensión mencionada.



Imágen. Detalle del proceso de elaboración de revestimiento de grafito para experimentos, creación del autor.



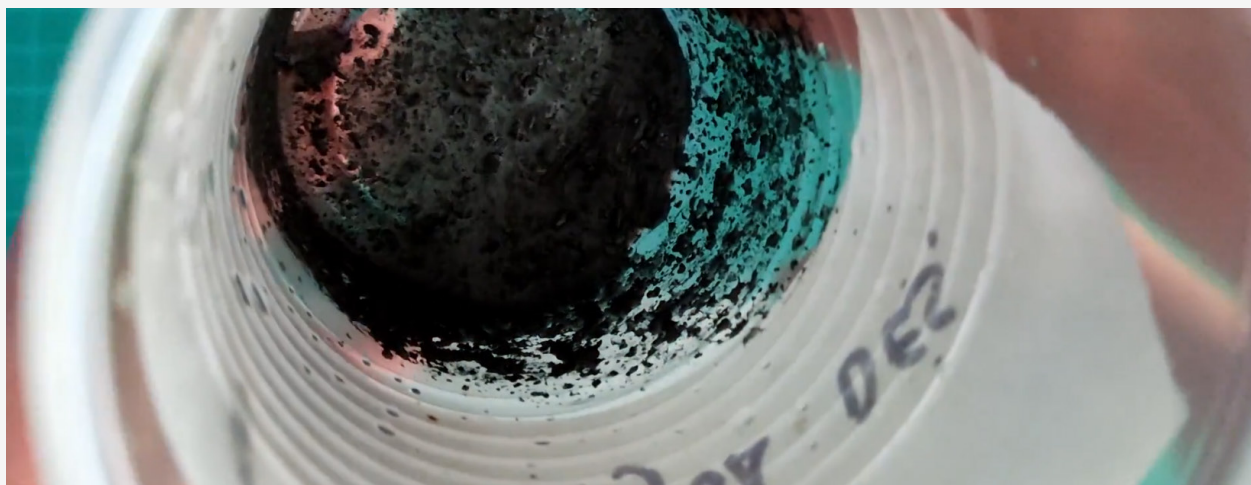
Imágen. Detalle del proceso de elaboración de revestimiento de grafito para experimentos, creación del autor.



Imágen. Detalle del proceso de elaboración de revestimiento de grafito para experimentos, creación del autor.



Imágen. Detalle del proceso de elaboración de revestimiento de grafito para experimentos, creación del autor.



Imágen. Detalle del proceso de elaboración de revestimiento de grafito para experimentos, creación del autor.

Se logra crear una suspensión de grafito que podría ser utilizada como revestimiento para la mejora de propiedades del PLA, pero, la dispersión de la misma no logra otorgar el resultado esperado, ya que, por la falta de un aglomerante, la suspensión no logra adherirse a la superficie a recubrir.

### 7.3.1.1 Resultados de experimentos.

En función a los experimentos denominados como prueba de concepto se llega a la conclusión que la intervención de la impresión mientras esta se lleva a cabo es un acercamiento **demasiado agresivo**, que culmina en el cambio de propiedades de la pieza impresa, pero para peor. A partir de los resultados se concluye en que la aplicación de revestimiento debe ser uniforme y constante, y, con el fin de irrumpir lo menos posible en el proceso de impresión, debe ocurrir luego de que el proceso haya finalizado.

Por otro lado, la etapa de experimentación del revestimiento creado a base la suspensión de grafito no logra otorgar resultados concretos. Se concluye, gracias a la literatura estudiada, que el experimento resultará de manera **positiva** una vez la suspensión sea realizada en un ambiente de laboratorio y que además cuente con un aglomerante que permita la adhesión a la superficie a ser aplicado.

Continuando con la experimentación, y debido a los resultados obtenidos se decide crear un sistema aspersor de revestimiento que ocurra al final del proceso de impresión, con el fin de que cubra la pizza en su totalidad y no irrumpa en la impresión.

Para llevar a cabo esto se realizan prototipos de manera digital antes de pasar a lo físico y realizar pruebas.

En los siguientes puntos será representada la evolución de la propuesta final a partir de tanto las hipótesis planteadas como los resultados de los experimentos realizados.

## 7.3.1.2 Conclusiones etapa de experimentación.

Si bien los resultados de los experimentos realizados no fueron óptimos queda demostrado en la literatura que la aplicación de revestimientos es factible para mejorar las propiedades intrínsecas del PLA, por lo que el paso a seguir es crear un dispositivo aplicador de revestimiento, el cual le otorgue al usuario las siguientes características clave. El **espacio seguro** para aplicar los revestimientos, la **aplicación constante** de los mismos, la **seguridad** de trabajo y la **facilidad de uso**, todo dentro de un mismo dispositivo de escritorio.

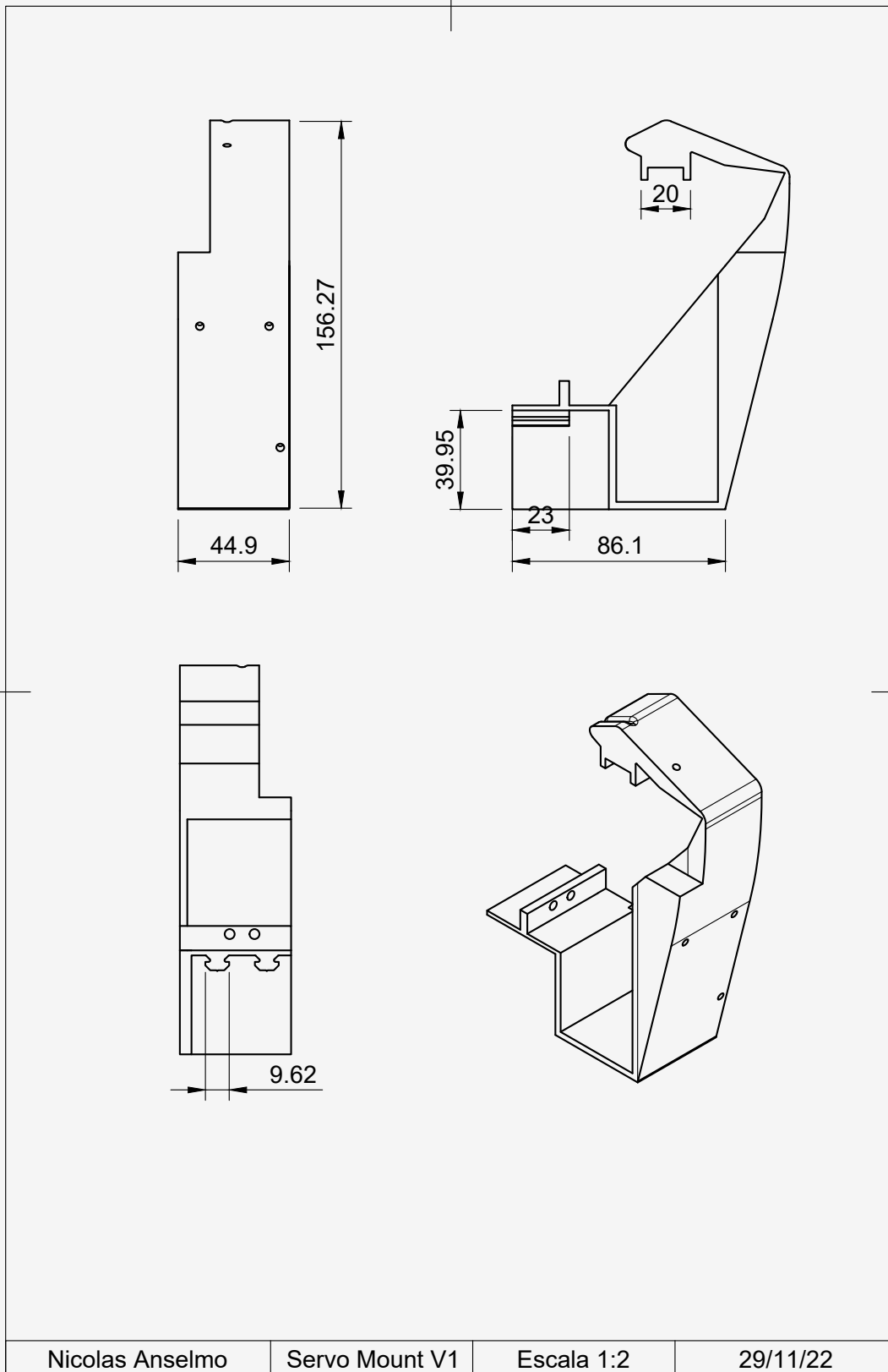
## 7.3.2 Modelado en 3D y prototipado digital.

### Servo Mount V1



Imágen. Renderizado Servo Mount V1, creación del autor.

# Dibujo Técnico



# Servo Mount V2

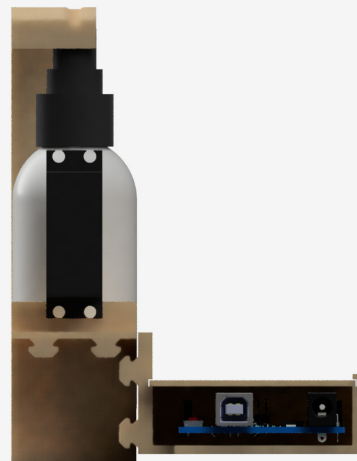
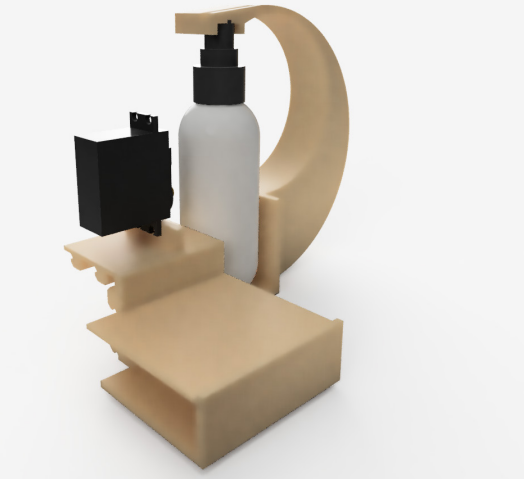
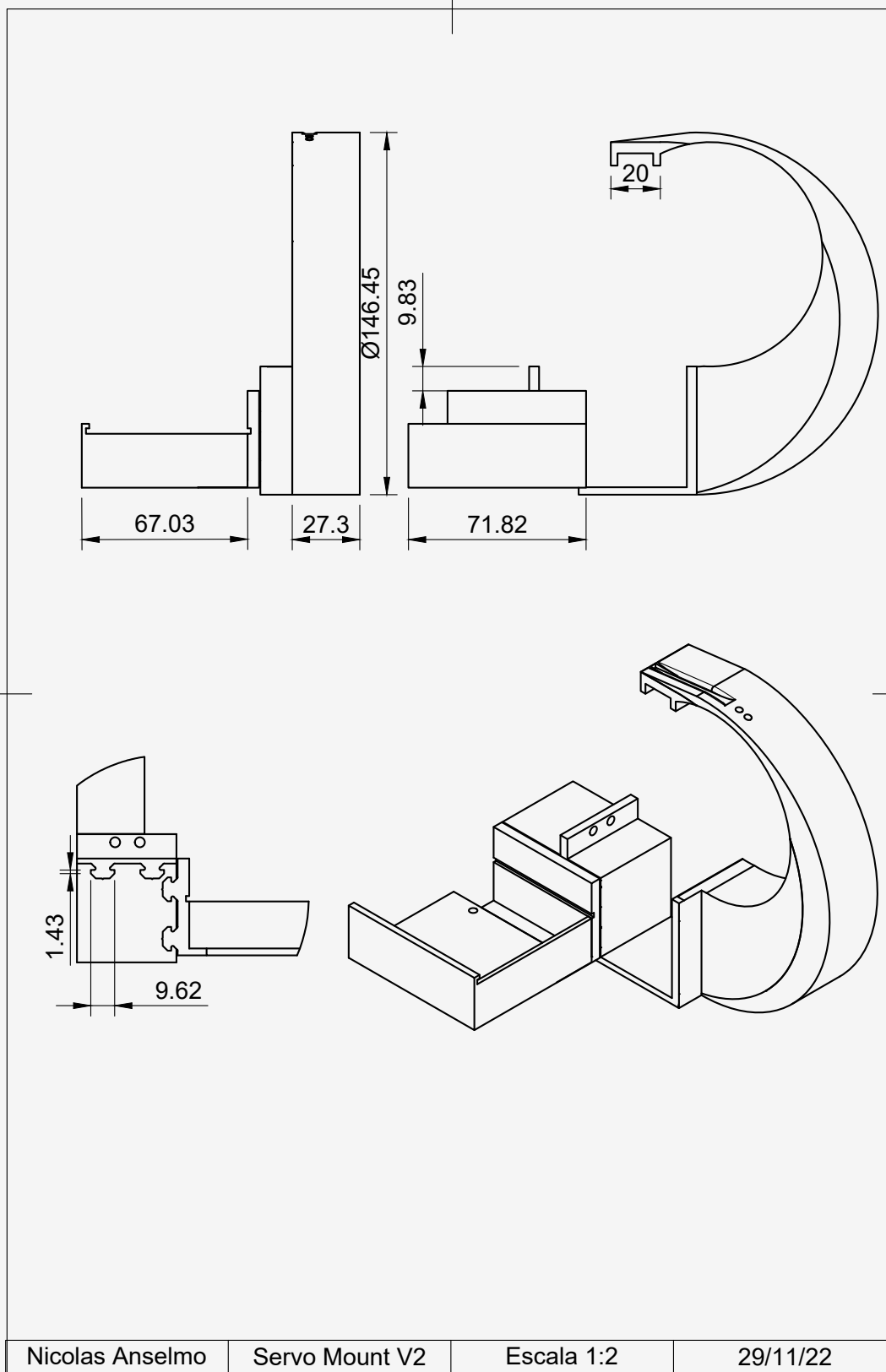


Imagen. Renderizado Servo Mount V2, creación del autor.

# Dibujo Técnico



## Mismo concepto, distinta ejecución.

En este punto se define un cambio de enfoque del objeto que está siendo conceptualizado. El objeto propuesto comienza siendo algo que se ajusta a una impresora específica y, debido a sus características, se ve limitado.

Las limitantes descubiertas en función de los primeros prototipos fueron el tener que trabajar con una estructura existente para la forma del objeto y el no tener control del ángulo de asperción de revestimiento, eliminando la posibilidad de revestir de forma uniforme.

Es por tanto que es decidido deshacerse de las limitantes, lo que resulta en los prototipos que se verán a continuación. Se mantiene el objetivo de la aplicación de revestimientos para mejorar la usabilidad del PLA en el proceso de prototipado pero se cambia el lugar en donde ocurre la aplicación.

El resultado de la evolución de la propuesta culmina en:

### TOCOT

*Una cámara de dispersión de revestimientos automática, la cual garantiza la uniformidad del acabado y la seguridad necesaria para ser utilizada como objeto de escritorio.*

**TOCOT**  
**POST PROCESO**  
por **NICOLAS ANSELMO**

Imagen. Logo text TOCOT, creación del autor.

## Objetivo de forma y referentes.

Uno de los objetivos principales de TOCOT es ser un objeto de escritorio, el cual garantice un espacio seguro para aplicar revestimientos y sea fácil de manipular.

Es por lo anterior que son tomados **coomo** referentes de forma a las existentes estaciones de post procesamiento para objetos impresos con tecnología SLA, de resina.

Existen distintos tipos y marcas de estaciones "Wash and Cure" lavado y curado, en donde se le entrega al usuario un lugar definido para primero lavar las piezas de resina y luego curarlas bajo luz ultravioleta. Todo en un objeto de escritorio y fácil de utilizar.

Las estaciones de lavado y curado son muy populares entre makers que utilicen la impresión 3D de tipo SLA, y es por esto mismo que TOCOT toma una forma que sea reconocible por dichos makers, ya que son el mismo público objetivo que tienen TOCOT.

Las imágenes presentes a continuación son algunos ejemplos de las estaciones "Wash and cure" más vendidas y más populares.

## Creality UW - 01

148.000 CLP

Imágen. Creality UW-01, recuperado de Creality, [www.creality.com/products/creality-uw-01-washing-curing-machine](http://www.creality.com/products/creality-uw-01-washing-curing-machine)



## Anycubic Wash and Cure machine 2.0

154.000 CLP

Imágen. Anycubic wash and cure machine 2.0, recuperado de Anycubic, [www.anycubic.com/products/wash-cure-machine-2-0](http://www.anycubic.com/products/wash-cure-machine-2-0)



## Elegoo Mercury Plus 2 in 1 Washing & Curing Station V2.0

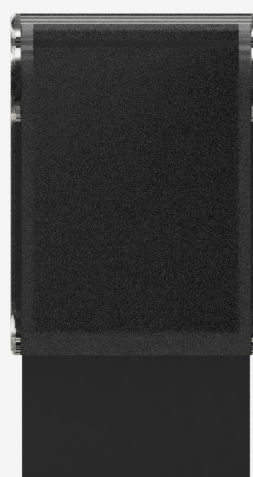
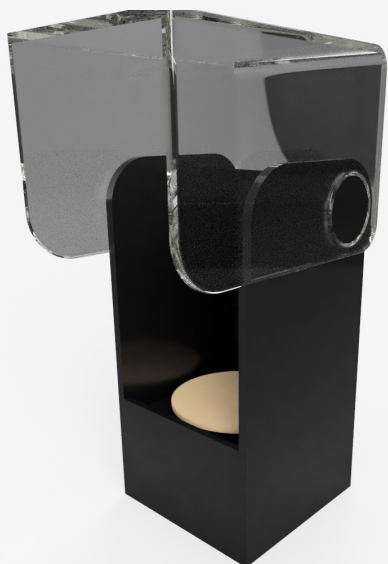
140.000 CLP

Imágen. Elegoo mercury plus 2 in 1 washing and curing station v 2.0, recuperado de Elegoo, [www.elegoo.com/products/washing-and-curing-station-v2-0](http://www.elegoo.com/products/washing-and-curing-station-v2-0)



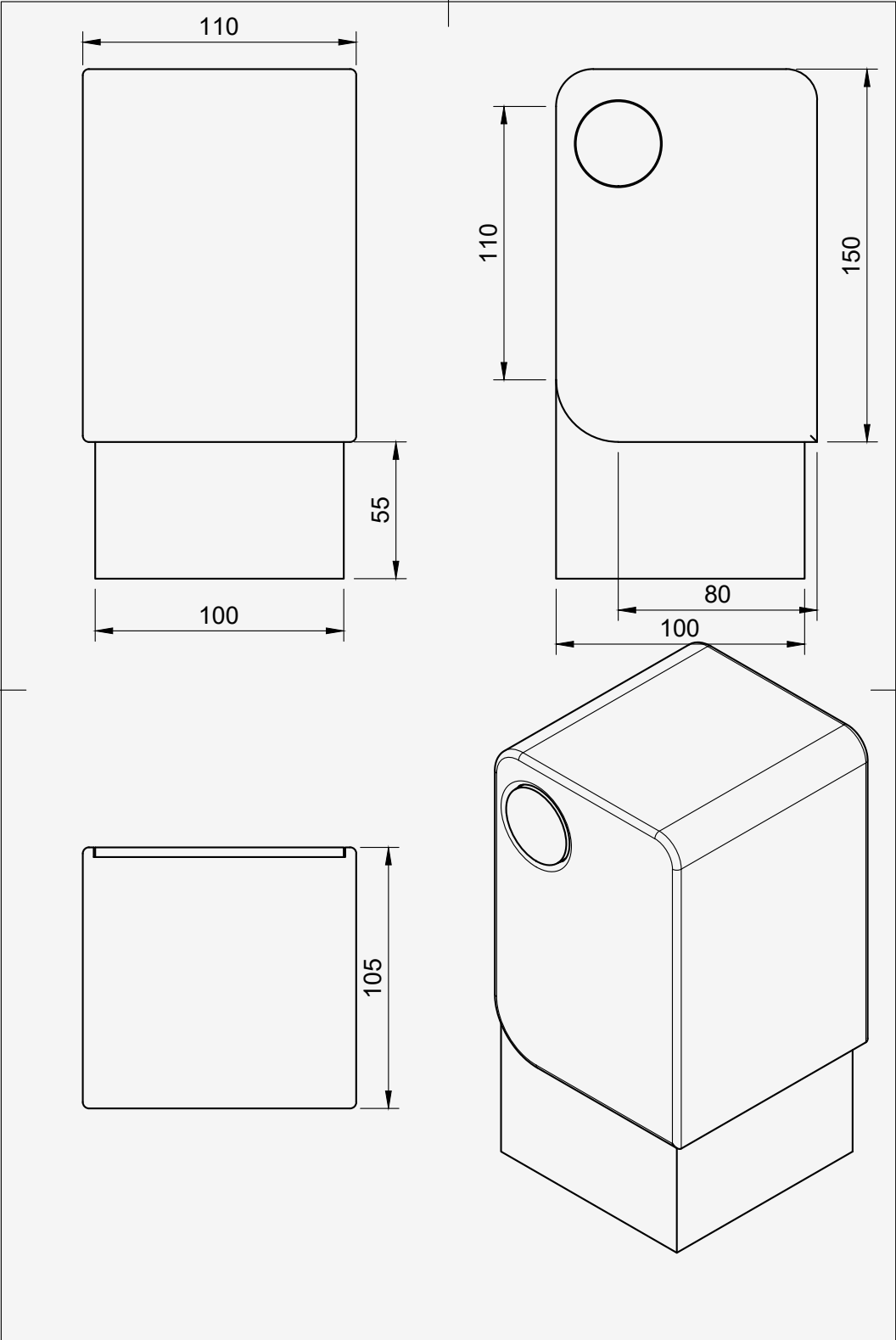
A partir de los referentes anteriores comienza el desarrollo final del prototipo de **TOCOT**, las siguientes páginas detallan el proceso de desarrollo de las distintas versiones que fueron realizadas antes de traer a **TOCOT** al mundo físico.

## TOCOT V1



Imágen. Renderizado TOCOT V1, creación del autor.

# Dibujo Técnico



Nicolas Anselmo	ToCot V1	Escala 1:2	29/11/22
-----------------	----------	------------	----------

Imagen. Dibujo técnico TOCOT V1, creación del autor.

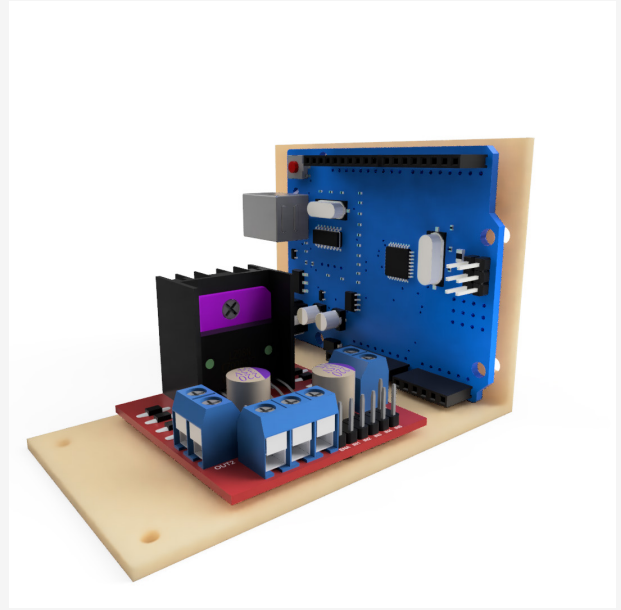
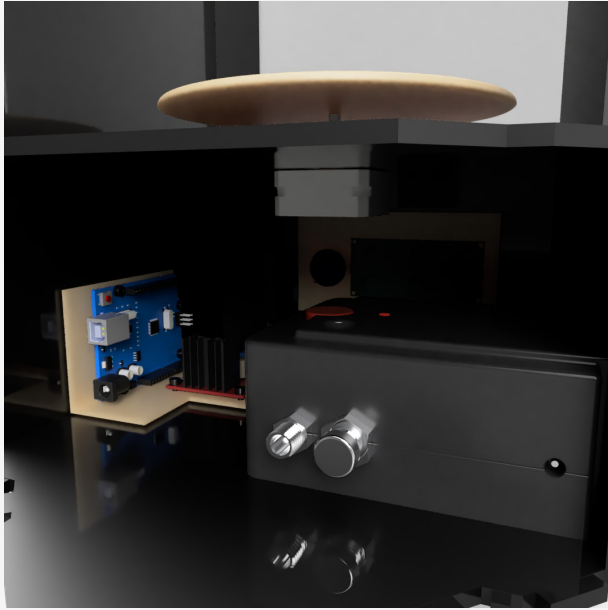
# TOCOT V2



Imágen. Renderizado TOCOT V2, creación del autor.



Imágen. Renderizado TOCOT V2, creación del autor.



Imógen. Renderizado TOCOT V2, creaci3n del autor.

# Dibujo Técnico

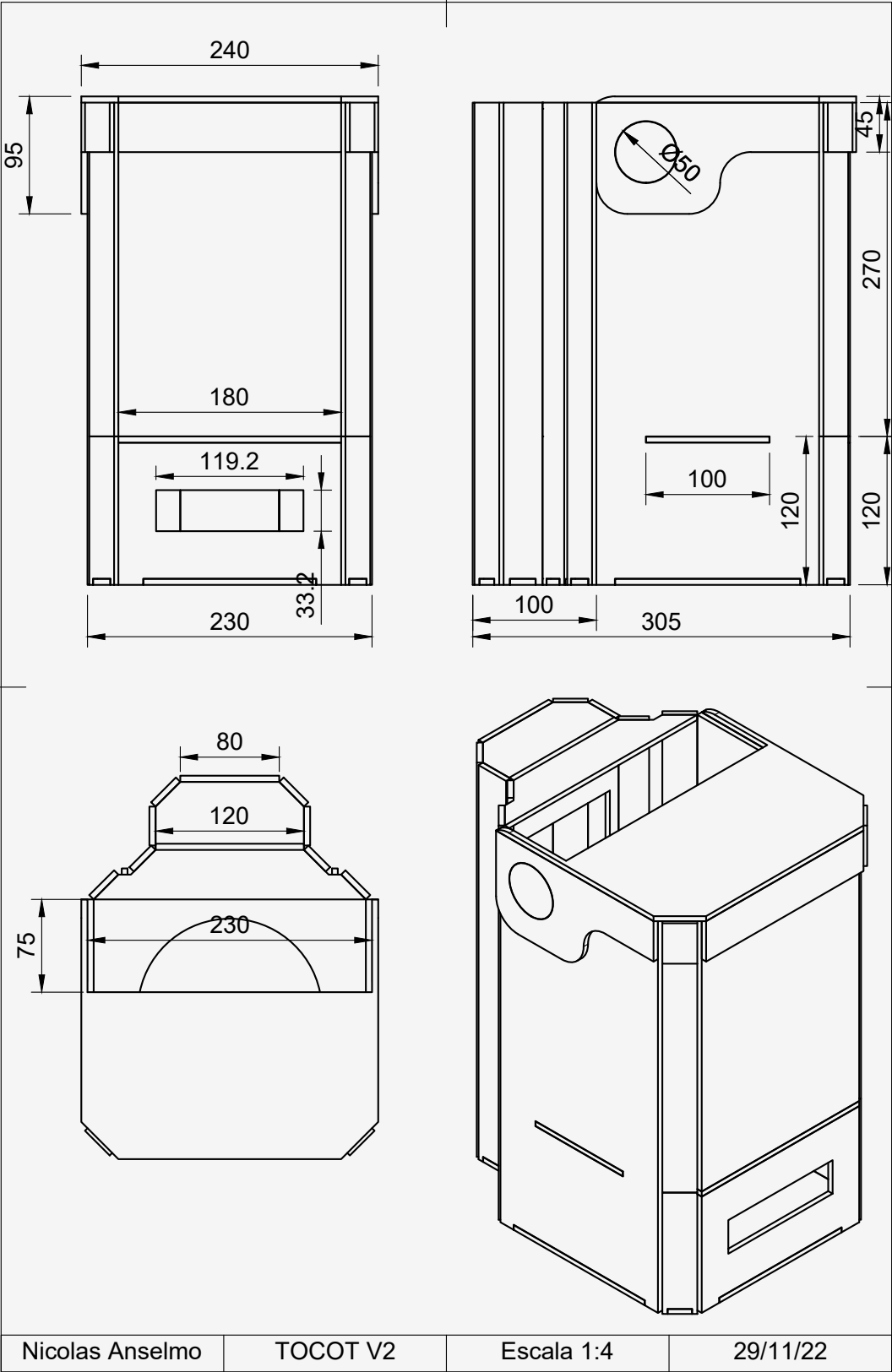


Imagen. Dibujo técnico TOCOT V2, creación del autor.

# Dibujo Técnico

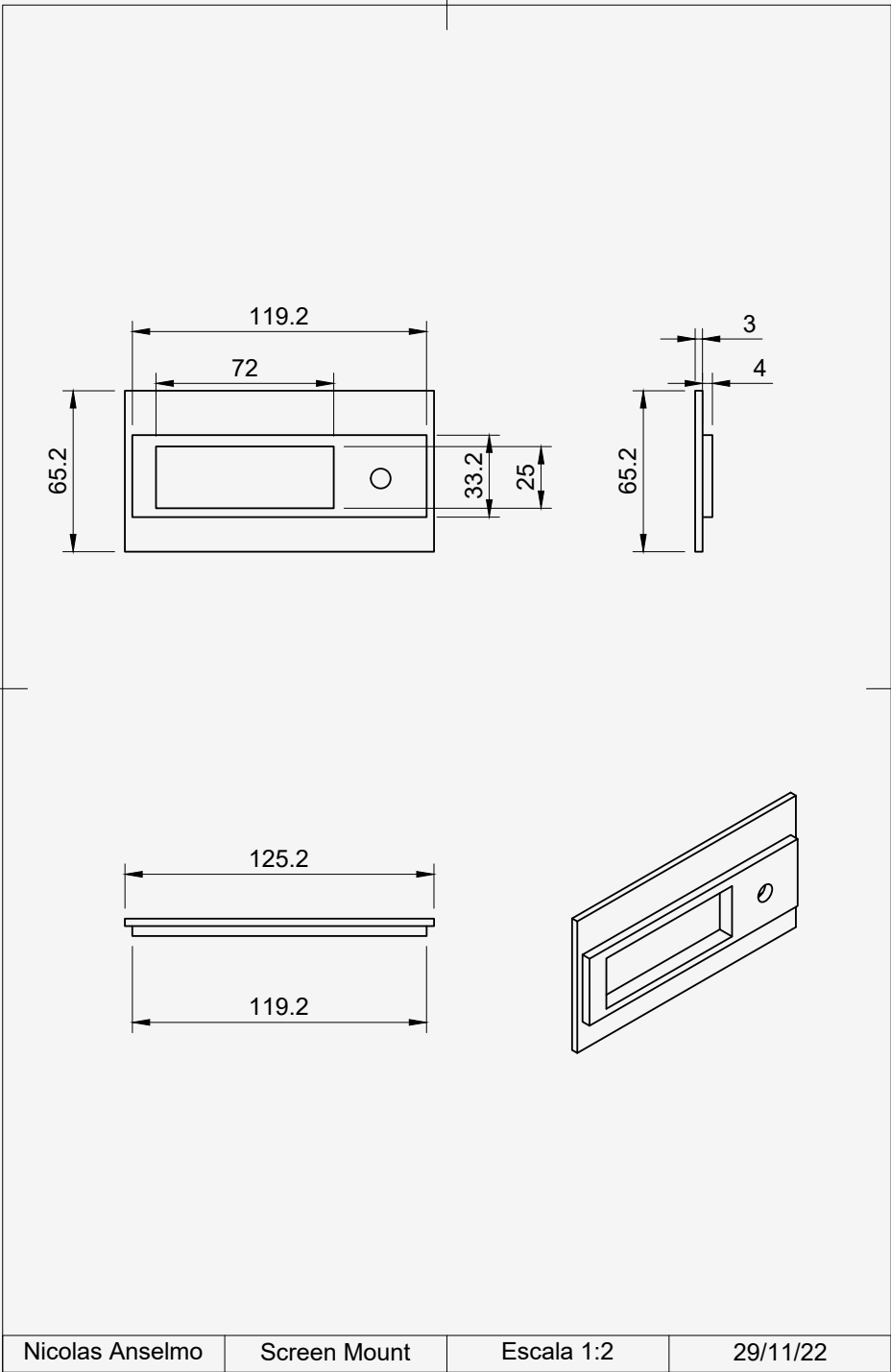


Imagen. Dibujo técnico Screen Mount, creación del autor.

# Dibujo Técnico

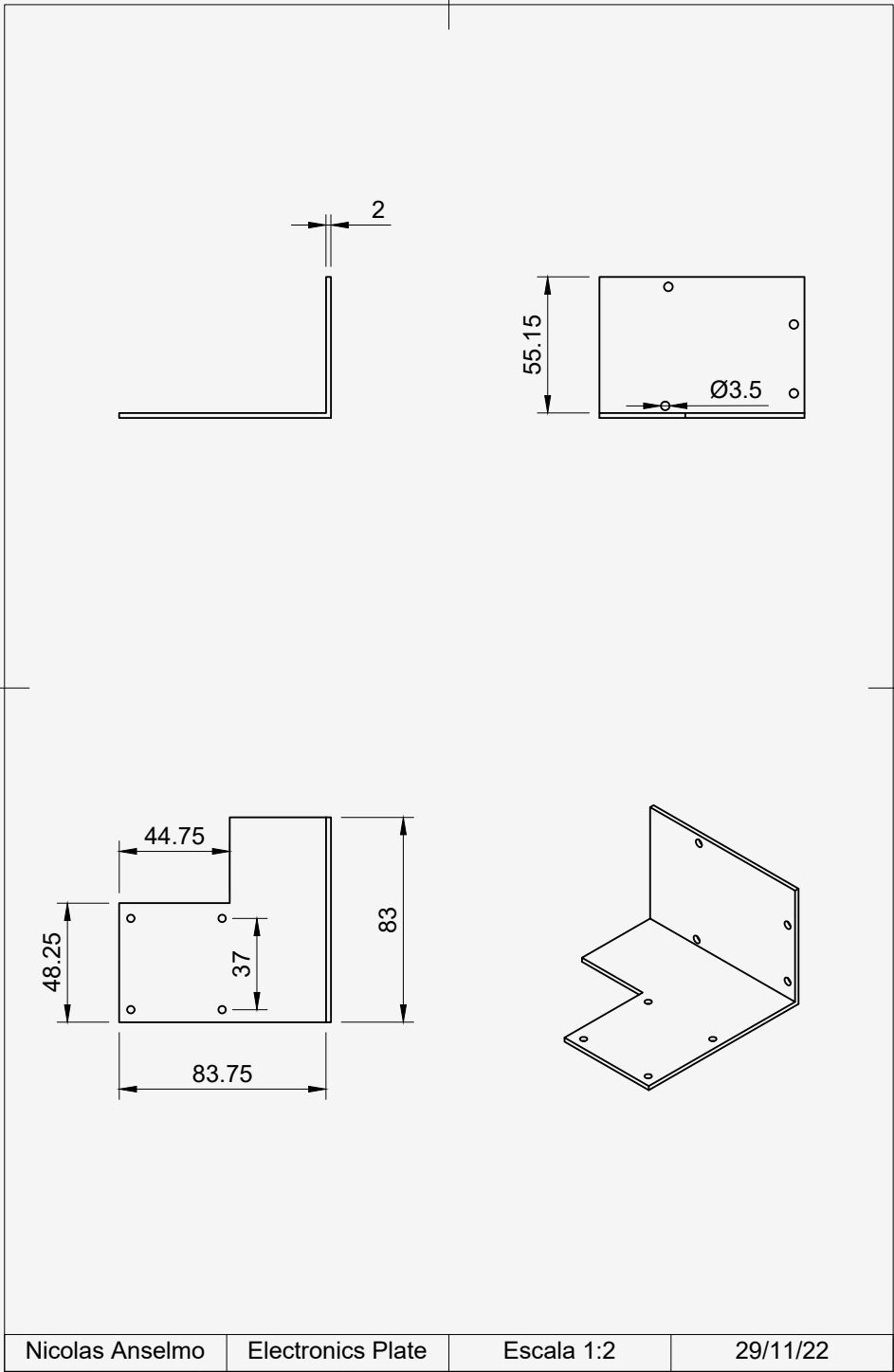


Imagen. Dibujo técnico Electronics Plate, creación del autor.

### 7.3.3 Segunda etapa de prototipado.

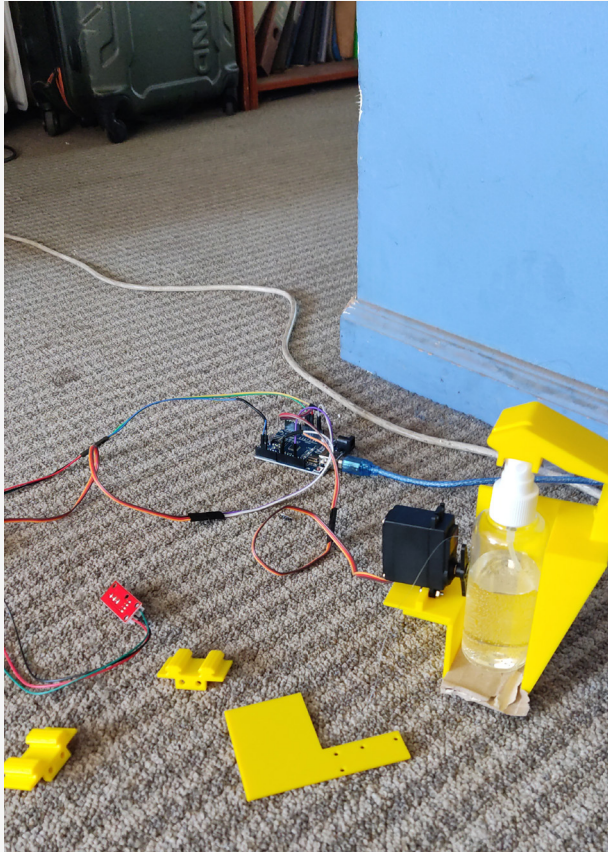
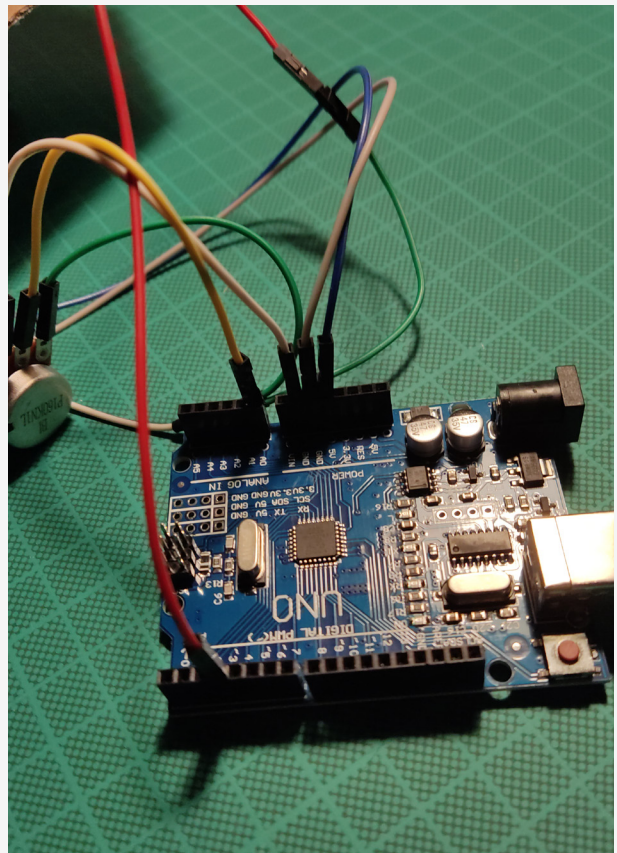
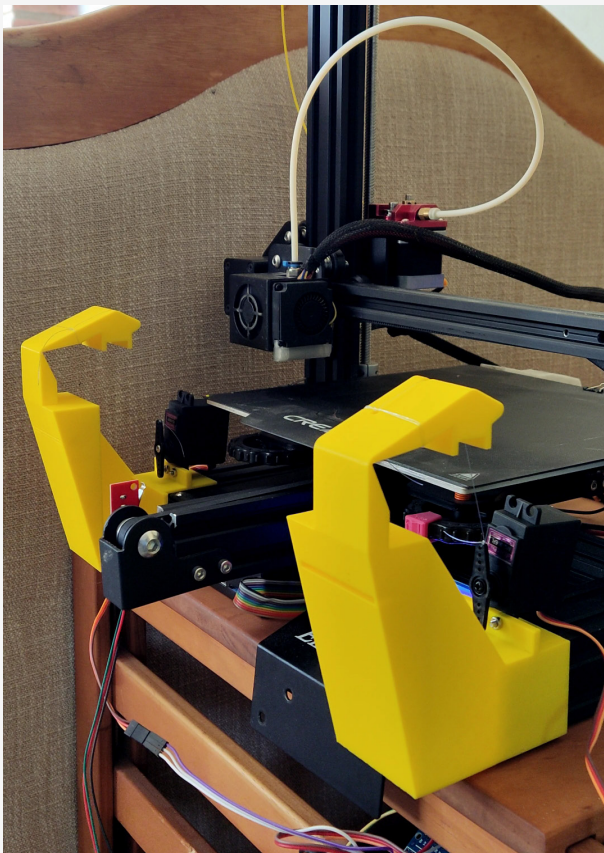
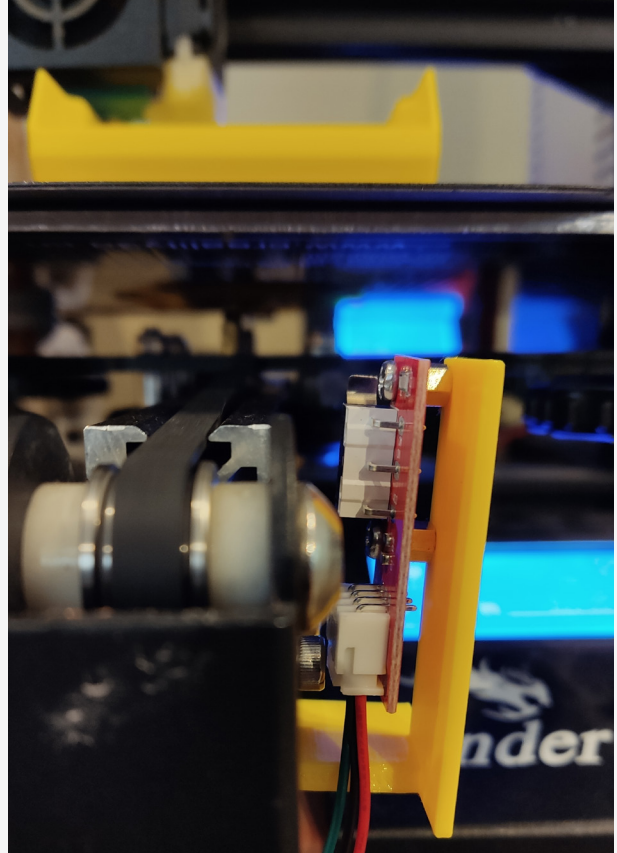
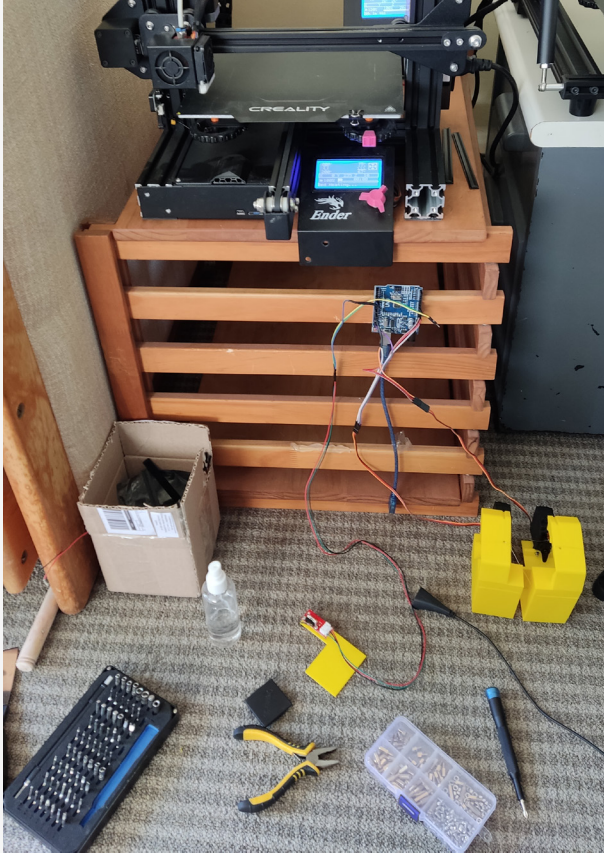


Imagen. Prototipado inicial Servo Mount V1, creación del autor.

La segunda etapa hace referencia al cambio del prototipado digital al físico.

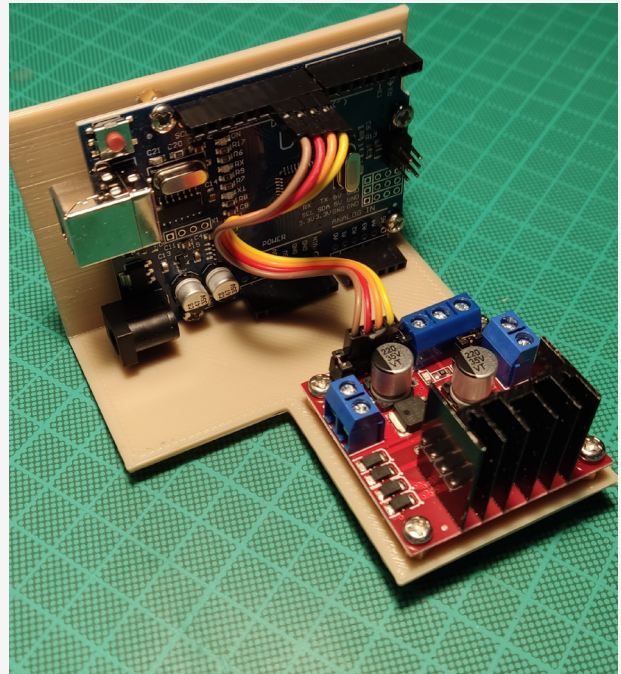
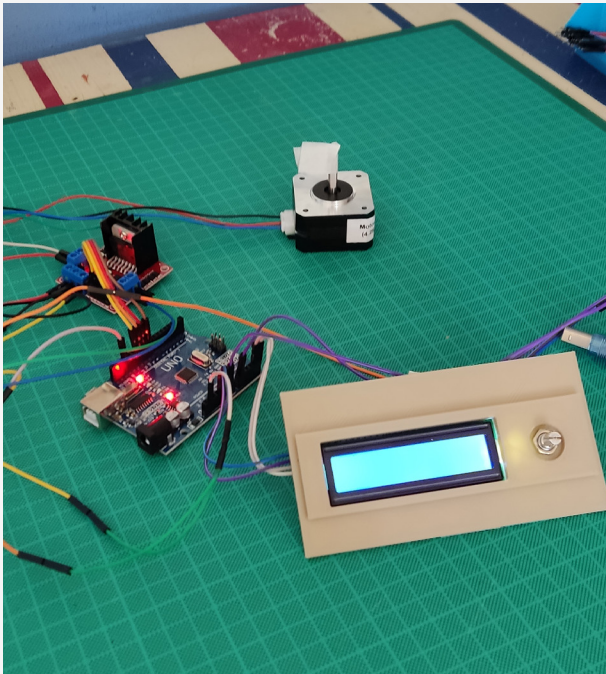
En primer lugar se prueba el funcionamiento del denominado "Servo Mount V1" en donde luego de desarrollar un prototipo funcional se toman en cuenta nuevas consideraciones para tomar este sistema de asperción de revestimiento y crear un objeto ajeno a una impresora 3D, un objeto propio.

Las siguientes imágenes muestran lo descrito, luego será presentado el proceso del prototipo final de **TOCOT**.



Imágen. Prototipado inicial Servo Mount V1, creación del autor.

# Prototipado TOCOT.

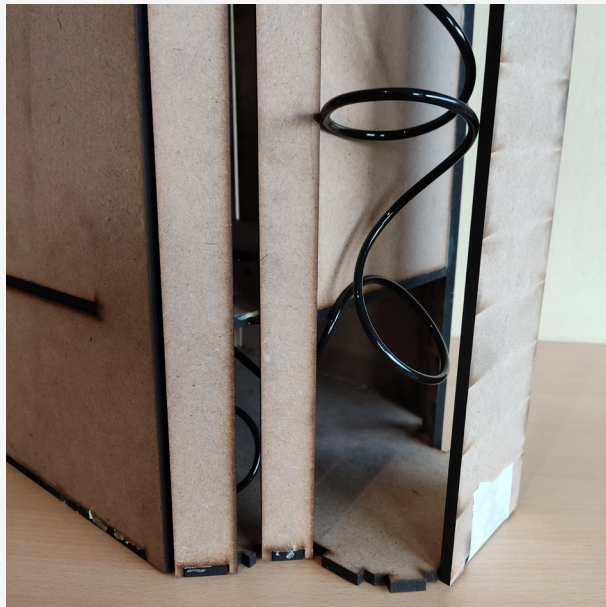




Imágen. Prototipado TOCOT V2, creación del autor.



Imágen. Prototipado TOCOT V2, creación del autor.



El presente proceso de prototipado culmina en la creación de una cámara de aplicación de revestimientos automatizada, en donde el funcionamiento de la misma, el cual será **detallado** más adelante, logra otorgarle al usuario un lugar especializado para la aplicación de revestimientos, el cual se encargará de asegurar la aplicación uniforme de los mismo, manteniendo un espacio seguro y contando con una amabilidad alta para el usuario.

Se nombra **TOCOT** a lo propuesto anteriormente. Siendo **TOCOT** una mezcla de las palabras "todo" y "coat".

Imágen. Prototipado TOCOT V2, creación del autor.

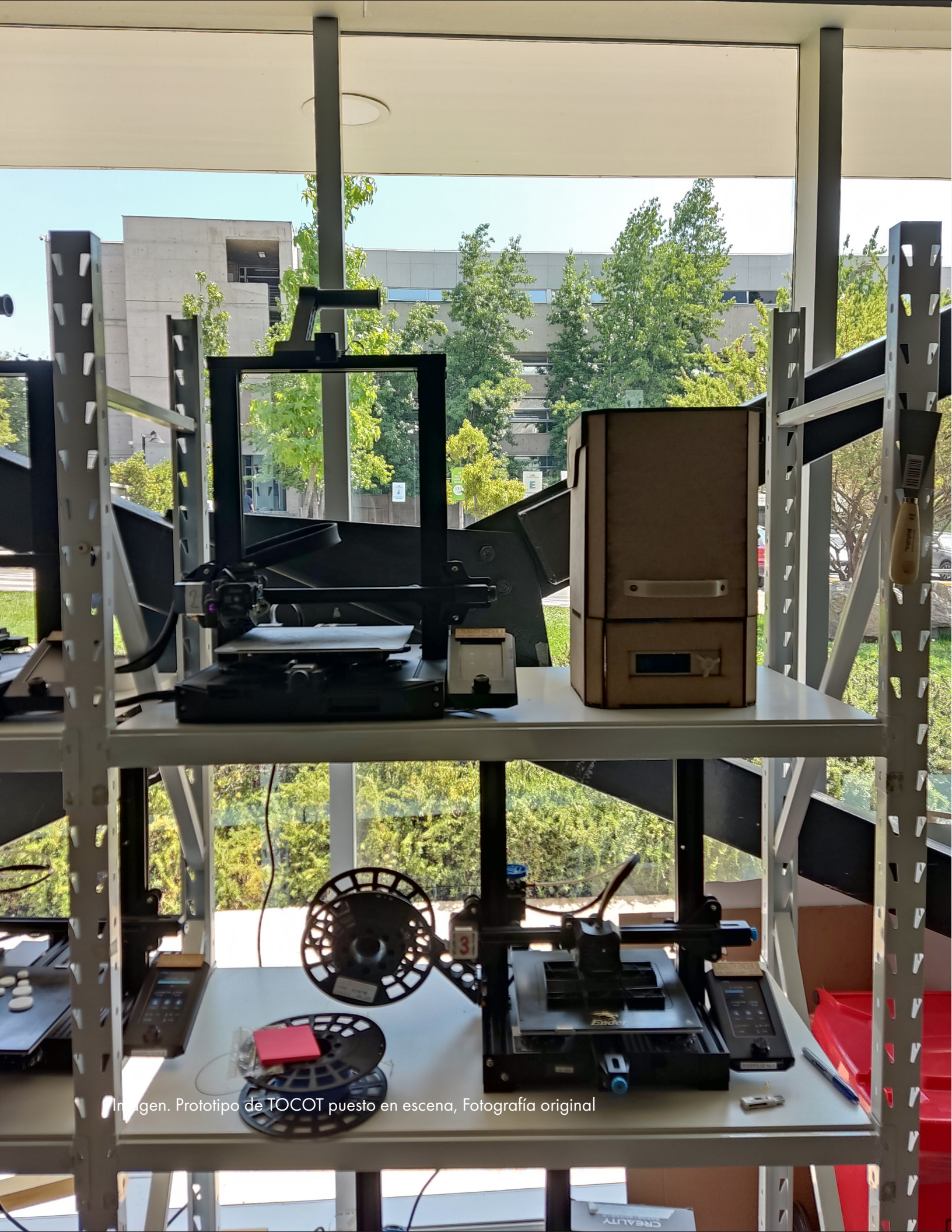


Imagen. Prototipo de TOCOT puesto en escena, Fotografía original

## 7.3.4 Propuesta de valor de TOCOT.

### ¿Qué es?

*Una cámara de aplicación de revestimientos **automatica** para el post procesamiento de objetos impresos en 3D.*

### ¿Qué hace?

*Aplica distintos tipos de revestimientos o aditivos para encargarse del post proceso de objetos impresos en 3D.*

### ¿Por qué elegir TOCOT?

*TOCOT es fácil de usar y garantiza la uniformidad en la aplicación del revestimiento, además de proporcionar un espacio seguro para ser utilizado como herramienta de escritorio.*

**TOCOT** funciona por medio de una interfaz simple y reconocible para usuarios maker, en donde luego de cargar el revestimiento en el estanque y ubicar la pieza a revestir en la plataforma giratoria, por medio de un condeador rotativo, el usuario determinará la viscosidad del revestimiento a aplicar. Con esta información **TOCOT** se encargará de determinar con que presión de aire tiene que asperjar el revestimiento y que velocidad de girado le dará a la pieza.

Una vez finalizada la aplicación **TOCOT** avisará al usuario que el proceso ha finalizado.

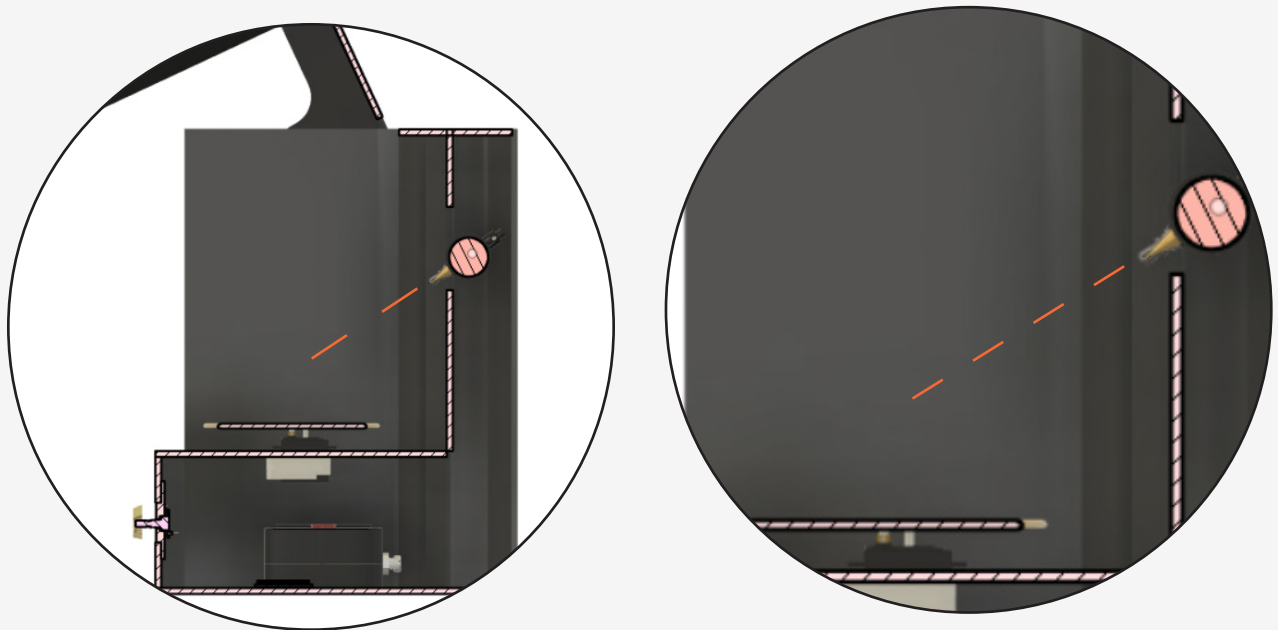
## Detalle de funcionamiento.

Es utilizada la plataforma Arduino para los prototipos funcionales de TOCOT, debido a su bajo costo y habilidad de adaptarse al proyecto.

Un Arduino UNO se encarga de controlar una pantalla lcd de 16x2, un encoder rotativo, un motor Nema 17 y un compresor de aire compacto, el cual por su parte activará el aspersor.

Para utilizar TOCOT, el usuario navegará la pantalla por medio del encoder rotativo, en donde determinará la cantidad de PSI que será necesaria para realizar la aplicación, luego de confirmar la selección TOCOT se encargará de realizar el proceso de asperción y le hará saber al usuario cuando termine.

Las siguientes imágenes muestran como funciona el asperjado dentro de la cámara, en donde la plataforma gira en 360 grados y el aspersor, detallado en la imagen de la derecha, se encarga de aplicar el revestimiento.



Se presenta además el siguiente prototipo de código realizado en el lenguaje Java a través del IDE (integrated development environment) de Arduino.

```
//Codigo escrito por Nicolas Anselmo, utilizando los
ejemplos de las librerias "stepper.h" y LiquidCrystal_I2C.h//

#include <Stepper.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

const int stepsPerRevolution = 200;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Iniciar libreria de stepper del pin 8 al 11
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8, 9, 10, 11);

int stepCount = 0; // Numero de pasos que ha tomado el motor

void setup() {
  lcd.begin();
  Serial.begin(9600);
  lcd.backlight();
}

void loop() {

  //lcd code

  lcd.clear();
  lcd.print("TOCOT v2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("PS1");
  delay(500);

  //lcd code end

  //stepper code
  //Leer el valor del sensor
  int sensorReading = analogRead(A0);

  // mapearlo en un rango de 0 a 100:

  int motorSpeed = map(sensorReading, 0, 1023, 0, 100);

  // Velocidad del motor:
  if (motorSpeed > 0) {
    myStepper.setSpeed(motorSpeed);
    // step 1/100 ode revolución:
    myStepper.step(stepsPerRevolution / 100);
```

Por otro lado, el siguiente prototipo de código corresponde a la funcionalidad del menú y opciones para el usuario, se encuentra en estado de prototipo y continúa siendo desarrollado.

```
//Codigo escrito por Nicolas Anselmo, utilizando los
ejemplos de la libreria LiquidCrystal_I2C.h//

//16x2 LCD
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //SDA = A4, SCL = A5
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

//Pins encoder rotativo
const int RotaryCLK = 2; //CLK
const int RotaryDT = 4; //DT
const int RotarySW = 3; //SW

//Variables encoder y boton
int ButtonCounter = 0; //counts button clicks
int RotateCounter = 0; //counts rotation clicks
bool rotated = true; //info rotation
bool ButtonPressed = false; //info of the button

//Estados
int CLKNow;
int CLKPrevious;
int DTNow;
int DTPrevious;

// Timers
float TimeNow1;
float TimeNow2;

//Layout lcd
//W B G Y R CLK
//0 0 0 0 0 1
}

void setup()
{

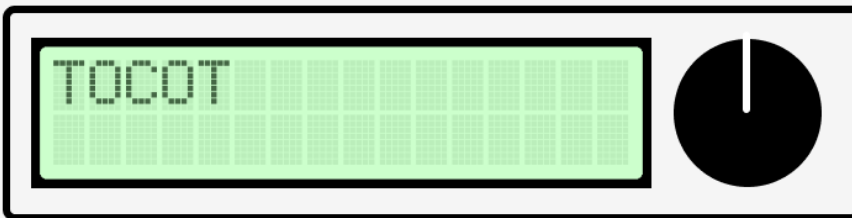
  Serial.begin(9600);
  //-----
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  //-----
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("W B G Y R CLK");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("0 0 0 0 0");
  delay(3000);

  //Guardar estados
  CLKPrevious = digitalRead(RotaryCLK);
  DTPrevious = digitalRead(RotaryDT);

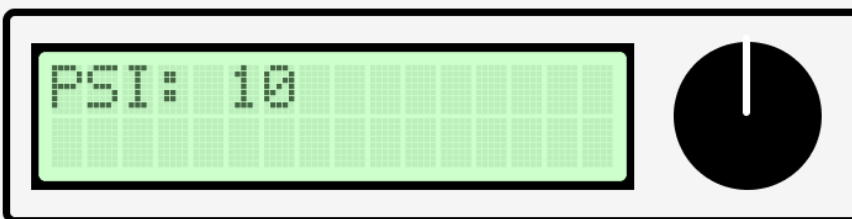
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(RotaryCLK), rotate, CHANGE);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(RotarySW), buttonPressed, FALL-
ING);

  TimeNow1 = millis(); //timer 1
}
```

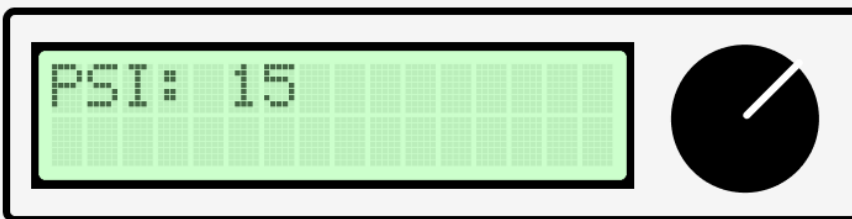
# Prototipo y funcionalidad de interfaz.



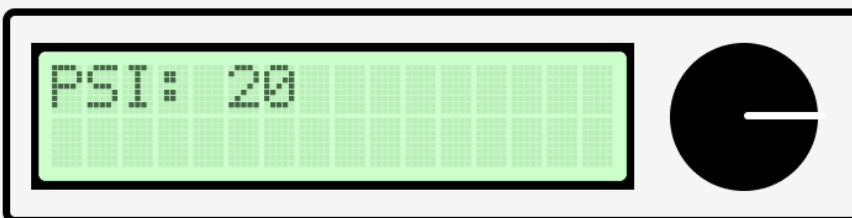
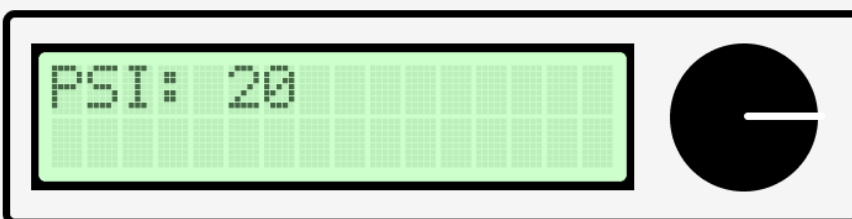
Pantalla de bienvenida.  
• Click en perilla para continuar.



Pantalla de ajustes.  
• Movimiento en perilla para ajustar el PSI deseado.

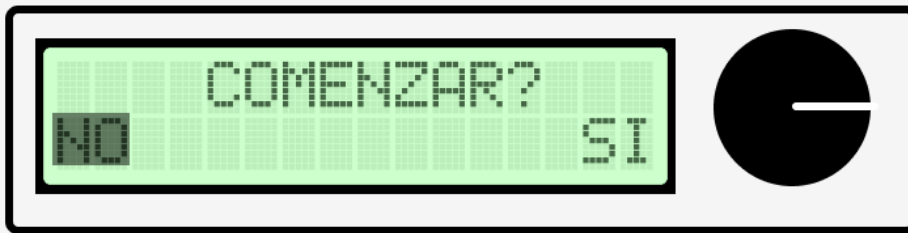


Pantalla de ajustes.  
• Incrementos de 5 PSI.

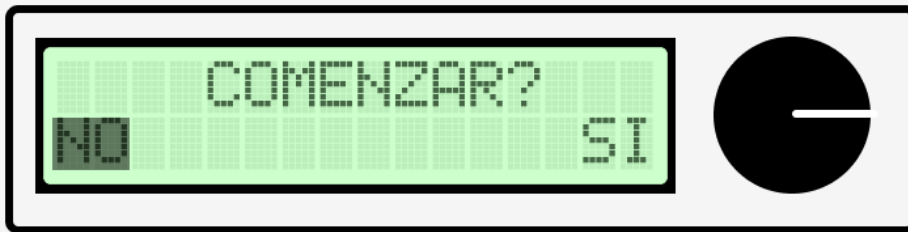


Pantalla de ajustes.  
• Al llegar al PSI deseado se presiona la perilla para confirmar

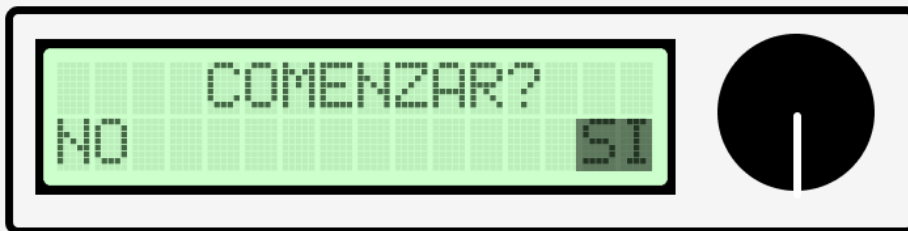
Imágen. Prototipo interfaz TOCOT, creación del autor.



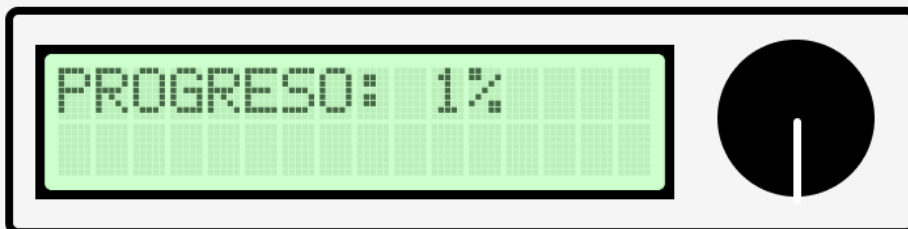
Pantalla de selección.  
• Se presentarán las opciones y se preseleccionará "NO"



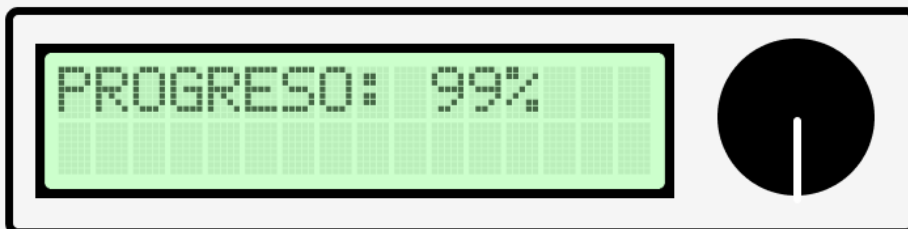
Pantalla de selección.  
• Al mover la perilla se puede elegir la opción deseada.



Pantalla de selección.  
• La perilla es presionada para confirmar la selección.



Pantalla de progreso.  
• Se muestra el progreso del asperjado.



Pantalla de finalización.  
• Se presenta una vez finalizado el asperjado.  
• Pasados 20 segundos se vuelve a la pantalla de inicio.

Imágen. Prototipo interfaz TOCOT, creación del autor.

## Componentes y valor.

- Arduino Uno Módulo L298
- Módulo L298
- Pantalla Lcd 1602
- Módulo encoder rotatorio pulsador
- Plancha MDF 5MM
- Motor paso a paso Nema 17 12v 0.7a
- Aerógrafo Manual Frascos de vidrio
- Mini Compresor de aire

Costo total 83,796 CLP

(Costo minorista, no incluye embarque ni ensamblaje)

## 7.4 Pruebas con usuarios

Son realizadas pruebas con los usuarios que, en el proceso de investigación del proyecto, presentaron los principales dolores en relación a la fase de prototipado con PLA. Por otro lado se realizaron actividades del tipo Focus Group en exploratec Udd y Fablab UC

### 7.4.1 Resultados de pruebas.

Las siguientes partituras de interacción muestran el proceso de prototipado tradicional con PLA descrito por usuarios y lo contrasta contra la partitura de interacción que ocurre cuando el mismo usuario utiliza TOCOT dentro del proceso de prototipado.

Fue desarrollado un ejercicio con distintos usuarios que han sufrido al prototipar con PLA, en donde a cada uno se le pidió desarrollar un prototipo de plato para el freno de disco de una bicicleta a partir de PLA.

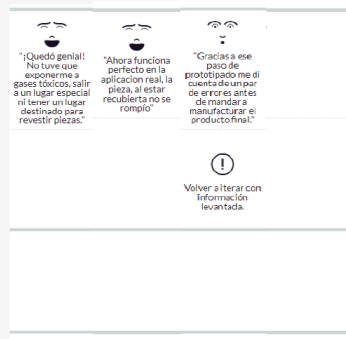
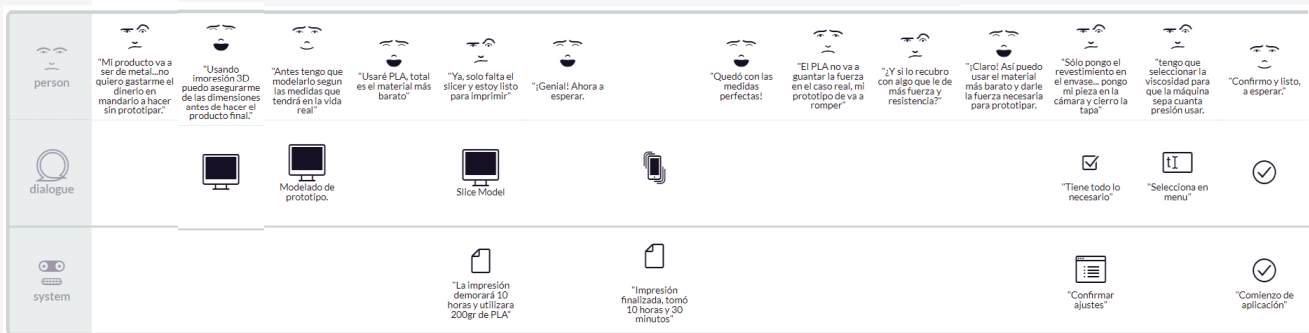
La partitura que se presenta a continuación muestra como, en promedio, los usuarios se acercan al ejercicio de prototipado.

person	"Mi producto va a ser de metal... no quiero gastarme el dinero en mandar a hacerlo sin prototipar antes"	"usando impresión 3D puedo asegurarme de las dimensiones antes de mandar a hacer el producto final"	"Antes tengo que modelarlo segun las medidas que tendrá en la vida real"	"Usaré PLA, total es el material más barato"	"Ya, solo falta el slicer y estoy listo para imprimir"	"¡Genial! Ahora a esperar."	"Quedó con las medidas perfectas!"	"Ahora veamos que tal funciona en la vida real"	"¡Funciona! Quedaron perfectas las medidas."	"Uff, la pieza impresa no sirvió para nada, duro 5 segundos y se rompió por la fuerza."	"Claro... el PLA no aguenta mucha presión, debería haber utilizado otro amterial!"	"Este material mas fuerte vale el triple que el PLA... y no tengo la impresora que lo pueda usar."
dialogue		Modela prototipo de forma digital.	Slice model.	Impresión finalizada.	"armado de prototipo con la pieza impresa"	"Prototipo roto"	"Comprar material adecuado"	Proceso de prototipado estancado.				
system			"La impresión demorará 10 horas y utilizara 200g de PLA"	"Impresión finalizada, tomó 10 horas y 30 minutos"								

Imágen. Partitura de interacción detallando el proceso de prototipado con PLA, Creación del autor.

Asimismo, luego de concretar el ejercicio, se realizó una presentación básica de la funcionalidad y objetivos de **TOCOT** y se le pidió a los mismo usuarios que realicen nuevamente el ejercicio.

La partitura que se presenta a continuación muestra como, en promedio, los usuarios se acercan al ejercicio de prototipado conociendo acerca de **TOCOT**.



Imágen. Partitura de interacción detallando el proceso de prototipado con PLA y el uso del objeto propuesto, Creación del autor.

Al comparar ambas partituras se puede ver la diferencia que existe dentro del proceso de prototipado tradicional y el mismo proceso pero con la aplicación de **TOCOT**.

En función de los resultados obtenidos en la etapa de pruebas, y luego de comparar las partituras de interacción, es concluido que logra apreciar cómo influye la existencia de **TOCOT** en el proceso de prototipado del usuario, en donde se entienden las limitantes del PLA y se aplica la estrategia del uso de revestimiento para aumentar su alcance y utilización en el prototipado.

La partitura de interacción relata además cómo el usuario utilizará la máquina de revestimiento y en que punto se da cuenta de los aportes de **TOCOT**, siendo estos que en un dispositivo de escritorio se incluye un lugar especializado para la aplicación de revestimientos, el cual se encargará de filtrar las partículas nocivas y mantendrá el antes engorroso proceso de aplicación en un lugar destinado para lo mismo. Finalmente otorgando la facilidad de uso necesaria para que el prototipado culmine en un producto exitoso.

A continuación se presenta el ejercicio que se realizó con los usuarios objetivo, en donde se contrasta el proceso tradicional de prototipado con el mismo proceso pero con información en referencia a trabajos de post procesado. Una vez el usuario finaliza el ejercicio se le presenta **TOCOT**, donde luego ocurren distintos comentarios, los cuales se pueden resumir en:

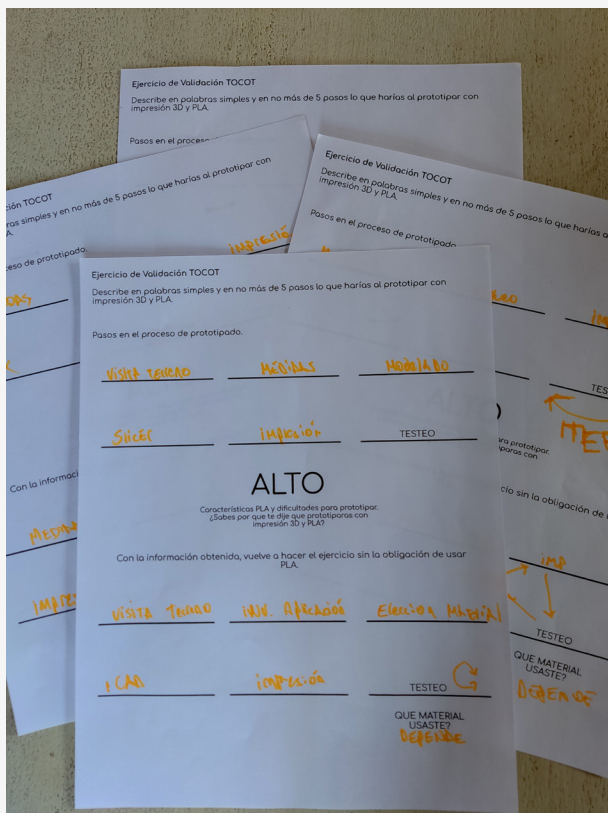


Imagen. Ejercicio realizado con usuarios, creación del autor.

Manuel Tenorio, de la mención de diseño de interacción digital, al pensar en su conocimiento y presupuesto limitado comenta, respecto al trabajo que fue mencionado en la etapa de validación que claro, pensando en pigtómata rápidamente imagino que el haberlo revestido con algo que le mejore la resistencia al PLA habría **ayudado harto** para validar y asegurarnos que funcionaba todo en conjunto, me acuerdo que si bien funcionaba, funcionó por menos de 5 segundos e imagino que si el testeó seguía habríamos encontrado otros errores por arreglar. Tenorio, M. (2022).

Por otro lado, Manuela Vallespir, estudiante de 4to año de Diseño de interacción digital, al ser consultada por procesos de prototipado, en un instante habla de como sufre con el proceso de prototipado. Vallespir, M. (2022) , por que siente la necesidad de aplicar lo que es la prueba y el error. Al tener formación de diseñadora comprende que el proceso de prototipado es iterativo y fundamental. Continuando el ejercicio, Manuela comenta, con tan sólo **menciona**rle acerca de las aplicaciones de revestimientos en plásticos y sin hablar del proyecto a proponer dice que es obvio que le pongo un revestimiento, entiendo que lo más obvio sería usar onda ABS u otro filamento que pueda aguantar la fuerza o el calor al que voy a someter la pieza, pero esta claro que imprimir PLA es el doble de fácil y barato que ABS o hasta PET. Eso si, si hablo de revestimiento me complica hartito la aplicación, hasta para la pintura en spray hay que usar una máscara por seguridad, me imagino que un revestimiento con partículas de grafito es horrible para la salud.

Finalmente, al realizar el mismo ejercicio con el equipo de trabajo de FabLab UC, liderado por Mario Zorrilla, el coordinador de la red de laboratorios de fabricación, por medio de una conversación de tipo “focus group” se llega a la conclusión que claro, en papel la aplicación de revestimientos es lo mejor, pero al tomar en cuenta el tiempo de curado de algunos tipos de recubrimientos, ¿vale realmente la pena usarlo antes que sólo gastar más dinero en otro material? Zorrilla, M. (2022)

Luego de presentar la propuesta de valor de TOCOT y un poco de lo que ha sido el proceso de investigación, el equipo de trabajo FabLab consideran el mismo problema del tiempo de curado y aconsejan tenerlo en cuenta para seguir prototipando, ya que esa variable no se ha tomado en cuenta hasta este punto. Por otro lado, nuevamente Mario comenta que el otorgarle al usuario el espacio seguro y controlado para trabajar la aplicación de revestimientos es bastante útil, comparando la cámara de aplicación propuesta con un taller de pintado de autos, pero en miniatura, en donde se controla cada aspecto del ambiente para que la aplicación de la pintura sea perfecta. Zorrilla, M. (2022)

Para finalizar la primera etapa de pruebas con usuarios se concluye que si bien la propuesta de valor de TOCOT es una respuesta sensata y fundamentada para el problema propuesto, aún cuenta con detalles que no están del todo pulidos y que deberían ser considerados a medida que la complejidad de los prototipos aumente.

## 7.5 Entrega de producto final.

A modo de introducción a la entrega de un producto final quiero volver al interés en el mundo maker y los Fab Labs, donde el conocimiento y las experiencias son compartidas de forma libre en un ambiente de aprendizaje y experimentación. Es por esto que se decide que la entrega del producto final cuente con 2 formatos.

En primer lugar el producto final será entregado a la comunidad maker como código abierto, en donde cualquier persona interesada podrá tomar lo realizado y replicarlo o mejorarlo, siempre y cuando la replicación no tenga el fin de proveer a usuarios con el producto final en formato de venta. A excepción de lo mencionado, el producto final estará disponible para quién quiera tomar los planos de construcción y emprender el camino “hágalo usted mismo”.

En segundo lugar, además de estar disponible como código abierto y como será mostrado más adelante en la escalabilidad del proyecto, se busca lanzar al mercado un producto independiente y completo, con el fin de entregar la experiencia producto final de manera “plug and play”.

### 7.5.1 Modelo de negocio.

Fue mencionado anteriormente el objetivo de que Producto final esté disponible en formato de código abierto con la posibilidad de ser comprado en caso de que el usuario quiera tomar esa ruta de adquisición. Para ambos casos de adquisición se realizaron los siguientes análisis de contexto y mercado.

## 7.5.1.1 Business model canvas.

A continuación se detalla el modelo de negocios de lo que será el sistema de aplicación de revestimientos automático Producto Final



Imágen. Business model canvas, creación del autor.

## 7.5.1.2 Evaluación Financiera.

Al tomar la ruta de venta directa de **TOCOT**, junto a los datos anteriores y asumiendo una entrada al mercado de 3 unidades a un precio de 149.000 CLP repartidas en 3 espacios maker se desarrolla el siguiente flujo de proyecto para los siguientes 2 años

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2
UNIDADES VENDIDAS		3	9
Cientes		3	6
<b>INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>472.000</b>	<b>2.120.164</b>
Unidad		447.000	2.095.164
Soporte		15.000	15.000
Instalación		10.000	10.000
<b>GASTOS</b>	<b>0</b>	<b>408.796</b>	<b>590.000</b>
<b>Personal</b>		300.000	500.000
<b>Producto</b>			
Unidad		83.796	70.000
Ensamblado		25.000	20.000
<b>RESULTADO</b>		<b>-126.796</b>	<b>1.403.368</b>
Base Imponible		-126.796	1.403.368
Impuesto a la renta		0	579.456
<b>INVERSION</b>	<b>190.000</b>		
<b>FLUJO</b>	<b>-190.000</b>	<b>-126.796</b>	<b>823.912</b>

Tabla. Flujo de proyecto, creación del autor.

## 7.5.2 Postulación a fondos de desarrollo.

Con el fin de continuar el desarrollo del proyecto y eventualmente lanzarlo al mercado se considera que hace falta un empuje económico al desarrollo del mismo, es por eso que serán realizadas postulaciones a distintos fondos que busquen apoyar el inicio de negocios que se consideren emprendimiento y de desarrollo tecnológico/científico.

Será realizada una postulación a Startup Chile de Corfo. Optando por la línea de **financiamiento** y apollo denominada "Growth" la cual se enfoca en la consolidación de startups, apoyandolas en el proceso de internacionalización, levantamiento de capital y la atracción de capital humano especializado.

(Growth – Start-Up Chile, n.d.-b)

Los beneficios entregados por el fondo de desarrollo son de hasta el 90% del costo total del proyecto. Al relacionarlo con mi proyecto se puede asumir que si se tiene el fondo de desarrollo "Growth" para el año 2 resultaría en que los gastos serán de 59.000 CLP a diferencia de 590.000 CLP y otorgando un resultado final de flujo de 1.354.912 CLP, a diferencia de los 823.912 CLP originales sin el apoyo del fondo.

El apoyo del fondo además será utilizado para continuar con el desarrollo del producto y salir de la fase de prototipado a inicios del año 3.

## 7.5.3 Identidad Visual.

Diseño de logotipos.



TOCOT

POST PROCESO

por NICOLAS ANSELMO

TOCOT

POST PROCESO

por NICOLAS ANSELMO



TOCOT

POST PROCESO

por NICOLAS ANSELMO



TOCOT

POST PROCESO

por NICOLAS ANSELMO

Imágen. Distintos logotipos propuestos para TOCOT, Creación del autor.

## 7.6 Escalabilidad.

En el siguiente esquema de escalabilidad, son presentados una serie de metas a alcanzar en los siguientes años de desarrollo de proyecto. Las metas serán alcanzadas a medida que se consigan los fondos necesarios y se continúe con el desarrollo de TOCOT como producto y como marca.

La escalabilidad se verá principalmente en la llegada a un producto final, el incremento en ventas y alianzas con espacios maker y la llegada al mercado internacional.





# 8. Conclusión

# Conclusión

La impresión 3D es una herramienta imprescindible a la hora de prototipar, sin embargo, su usabilidad junto a los filamentos de bajo costo como el PLA es limitada.

Para el prototipado, al ser un proceso iterativo, es fundamental el uso de materiales de bajo costo con el fin de poder iterar la mayor cantidad de veces posible en el proceso y lograr validar cada aspecto del producto final.

A partir de distintas entrevistas y el recopilado de información con autores y personas pertenecientes a la comunidad maker, quienes hayan tenido que pasar en algún momento por el proceso de prototipado y validación, se define a un usuario objetivo compuesto por distintos estudiantes y jóvenes makers que se adentran en el mundo de la impresión 3D como herramienta de prototipado y validación para sus proyectos, quienes, ya sea por poca experiencia, alcance o poder económico, se han visto obligados a utilizar el PLA como material principal de prototipado, y que a raíz de eso el proceso de su proyecto y la validación del mismo se ha visto afectado de forma negativa.

Por otro lado, se define que la mejor forma de incrementar la usabilidad del PLA para el prototipado rápido es a través del empleo de distintos revestimientos en formato de post proceso de la impresión 3D, en donde dicho revestimiento otorgará las características deseadas para poder prototipar al PLA.

**TOCOT** se emplaza entonces, como un producto que responde a las necesidades de prototipar con gran alcance y bajo costo.

Por todo lo anterior en su conjunto, se postula a **TOCOT**, una cámara de aplicación de revestimientos automática para el post procesamiento de objetos impresos en 3D, con el fin de mejorar la utilidad de los materiales de bajo costo existentes para el prototipado rápido.

# 9. Referencias bibliográficas.

# Bibliografía

## 2. Introducción

Bjarki Hallgrimson. (2012) Prototyping and modelmaking for product design. Laurence King Publishing.

### 5.1 Rol del prototipado digital en el diseño.

Norman, D. (1988). The design of everyday things. Basic Books.

Upton, E. (2014). Beautiful Users: Designing for People.

#### 5.1.2 Tipos de prototipado.

Fussel, S (1997). RAPID PROTOTYPING IN EUROPE AND JAPAN.

#### 5.1.3 Tecnologías utilizadas en el prototipado rápido.

3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS. ( 2022). 3D printing technologies for plastics.  
<https://formlabs.com/blog/fdm-vs-sla-vs-sls-how-to-choose-the-right-3d-printing-technology/>

3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS. ( 2022). 3D printing technologies for plastics.  
<https://formlabs.com/blog/fdm-vs-sla-vs-sls-how-to-choose-the-right-3d-printing-technology/>

#### 5.1.4 Funcionamiento y etapas de la impresión 3D tipo FDM.

Kerr, T. (2022). FDM 3D Printing.  
doi: 10.1007/978-3-031-19350-7\_4

What is PLA? (Everything You Need To Know). (n.d.). TWI. <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-pla>

What is PETG? (Everything You Need To Know). (n.d.). TWI. <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-petg>

#### 5.2.2. Agentes utilizados para la mejora de propiedades en el post proceso.

Bodycote Plc. (n.d.). Recocido - Recocido/Normalizado - Tratamiento termico - Bodycote Plc. Home. <https://www.bodycote.com/es/servicios/tratamiento-termico/annealing-normalising/recocido/>

#### 5.3 Mundo Maker y Fab Lab Chile.

Gershenfeld, N. (2001). What is a Fab Lab. FabLabs.io - The Fab Lab Network. <https://www.fablabs.io/>

Dougherty, D. (2012). The maker movement. Innovations Technology Governance

#### 6.3 Validación.

Vega, M. (2022). [Entrevista por N. A. Iduya].

Tenorio, M. (2022). [Entrevista por N. A. Iduya].  
Illanes, V. (2022). [Entrevista por N. A. Iduya].

### 7.3.1 Banco de prueba inicial de conceptos y materiales.

Haihui, Z, Hanyu, Z. (2015). Nano-graphite slurry preparation method (China. Patent No. CN105060281A). BTR New Material Group Co Ltd. <https://patents.google.com/patent/CN105060281A/en>

### 7.4.1 Resultados de pruebas.

Tenorio, M. (2022). [Entrevista por N. A. Iduya].

Vallespir, M. (2022). [Entrevista por N. A. Iduya].

Zorrilla, M. (2022). [Entrevista por N. A. Iduya].

### 7.5.2 Postulación a fondos de desarrollo.

Growth – Start-Up Chile. (n.d.-b). <https://startupchile.org/postula/growth/>

# 10. Referencias de imágenes.

# Imágenes

## Agradecimientos

Imagen. Prusa Research Lab, Fotografía original.

### 1. Abstract

Imagen. Exploratec Udd, Fotografía original.

### 2. Introducción

Imagen. Gráfico detallando el coste de impresoras 3D a través de los años, Recuperado de Rigid-Ink, <https://3dprintingindustry.com/news/evolution-3d-printing-past-present-future-90605/>

#### 5.1.3 Tecnologías utilizadas en el prototipado rápido.

Imagen. Diagrama ilustrativo de los 7 tipos de impresión 3D. Carew. M, Errickson. D, 2020, An Overview of 3D Printing in Forensic Science: The Tangible Third-Dimension.

Imagen. funcionamiento de impresión 3D del tipo SLA, recuperado de Formlabs, <https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

Imagen funcionamiento de impresión 3D del tipo SLS, recuperado de Formlabs, <https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

Tabla comparativa. Impresoras 3D en Chile, conformado por comparación de precios rápidamente accesibles para ser comparadas junto a su existencia en laboratorios tipo FabLab, creación del autor.

Imágen. distintos tipos de filamentos basados en polímeros y sus características, recuperado de Prusa 3D, [https://blog.prusa3d.com/advanced-filament-guide\\_39718/](https://blog.prusa3d.com/advanced-filament-guide_39718/)

Imágen. Distintos tipos de filamentos basados en polímeros y sus características, recuperado de Prusa 3D, [https://blog.prusa3d.com/advanced-filament-guide\\_39718/](https://blog.prusa3d.com/advanced-filament-guide_39718/)

#### 5.1.4 Funcionamiento y etapas de la impresión 3D tipo FDM.

Imágen. Ilustración que detalla el paso del filamento por el cabezal hasta ser depositado en la superficie de impresión, creación del autor.

Imágen. Representación de preparación y proceso de impresión 3D, Weiss, L, 1997, Solid freeform fabrication using a layered manufacturing paradigm, figura, Rapid prototyping in Europe and Japan.

#### 5.1.5 Características del PLA y su aplicación en prototipos.

Tabla. Comparativa de precios de materiales más utilizados para la impresión 3D en función del prototipado, creación del autor.

#### 5.2.1 Estrategias utilizadas para incrementar la usabilidad de PLA en el prototipado.

Imágen. E3d all metal hot end, recuperado de e3d, [www.e3d-online.com/](http://www.e3d-online.com/)

Imágen. Micro Swiss hot end, recuperado de Micro Swiss Tech, [www.store.microswiss.com](http://www.store.microswiss.com)

Imágen. E3d Revo 6 hot end, recuperado de e3d, [www.e3d-online.com/](http://www.e3d-online.com/)

Imágen. Mosquito hot end, recuperado de Slice engineering, [www.sliceengineering.com](http://www.sliceengineering.com)

Tabla. Comparativa de aleaciones de PLA, Recuperado del fabricante de filamento Esun desde <https://www.esun3d.com/filaments/>, Creación del autor.

### 5.2.2. Agentes utilizados para la mejora de propiedades en el post proceso.

Tabla. Comparativa de revestimientos aplicados en plástico, Merck Chile. (n.d.). Sigmaaldrich. Recuperado el 15 de Julio 2022, de <https://www.sigmaaldrich.com/CL/es>, Creación del autor.

Imágen. Gráfico comparativo de resistencia a la flexión, Przekop, R, 2020, Graphite Modified Polylactide (PLA) for 3D Printed (FDM/FFF) Sliding Elements.

Imágen. Gráfico comparativo de muestras estiradas, Przekop, R, 2020, Graphite Modified Polylactide (PLA) for 3D Printed (FDM/FFF) Sliding Elements.

Imágen. Gráfico comparativo de muestras y su tasa de desgaste, Przekop, R, 2020, Graphite Modified Polylactide (PLA) for 3D Printed (FDM/FFF) Sliding Elements.

Imágen. Gráfico comparativo de aplicación de grafito como revestimiento, Imiela, M., Anyszka, R., Bieliński, D.M. 2019, et al. Effect of graphite and common rubber plasticizers on properties and performance of ceramizable styrene-butadiene rubber-based composites. *J Therm Anal Calorim* 138, 2409–2417.

## 7.3 Desarrollo de prototipos.

Tabla. Carta gantt, creación del autor.

Imágen. Detalle del proceso de elaboración de revestimiento de grafito

Imágen. Experimentación de unión de capas y fuerza de piezas, creación del autor.

### 7.3.2 Modelado en 3D y prototipado digital.

Imágen. Renderizado Servo Mount V1, creación del autor.

Imágen. Dibujo técnico Servo Mount V1, creación del autor.

Imágen. Renderizado Servo Mount V2, creación del autor.

Imágen. Dibujo técnico Servo Mount V2, creación del autor.

Imágen. Logo text TOCOT, creación del autor.

Imágen. Creality UW-01, recuperado de Creality, [www.creality.com/products/creality-uw-01-washing-curing-machine](http://www.creality.com/products/creality-uw-01-washing-curing-machine)

Imágen. Anycubic wash and cure machine 2.0, recuperado de Anycubic, [www.anycubic.com/products/wash-cure-machine-2-0](http://www.anycubic.com/products/wash-cure-machine-2-0)

Imágen. Elegoo mercury plus 2 in 1 washing and curing station v 2.0, recuperado de Elegoo, [www.elegoo.com/products/washing-and-curing-station-v2-0](http://www.elegoo.com/products/washing-and-curing-station-v2-0)

Imágen. Renderizado TOCOT V1, creación del autor.

Imágen. Dibujo técnico TOCOT V1, creación del autor.

Imágen. Renderizado TOCOT V2, creación del autor.

Imágen. Dibujo técnico TOCOT V2, creación del autor.

Imágen. Dibujo técnico Screen Mount, creación del autor.

Imágen. Dibujo técnico Electronics Plate, creación del autor.

### 7.3.3 Segunda etapa de prototipado.

Imágen. Prototipado inicial Servo Mount V1, creación del autor.

Imágen. Prototipado inicial Servo Mount V1, creación del autor.

Imágen. Prototipado TOCOT V2, creación del autor.

### 7.3.4 Propuesta de valor de TOCOT.

Imágen. Prototipo de TOCOT puesto en escena, Fotografía original

Imágen. Prototipo interfaz TOCOT, creación del autor.

Imágen. Detalle de funcionamiento de asperjado, creación del autor.

### 7.4.1 Resultados de pruebas.

Imágen. Partitura de interacción detallando el proceso de prototipado con PLA, Creación del autor.

Imágen. Partitura de interacción detallando el proceso de prototipado con PLA y el uso del objeto propuesto, Creación del autor.

Imágen. Ejercicio realizado con usuarios, creación del autor.

#### 7.5.1.1 Business model canvas.

Imágen. Business model canvas, creación del autor.

### 7.5.1.2 Evaluación Financiera.

Tabla. Flujo de proyecto, creación del autor.

### 7.5.3 Identidad Visual.

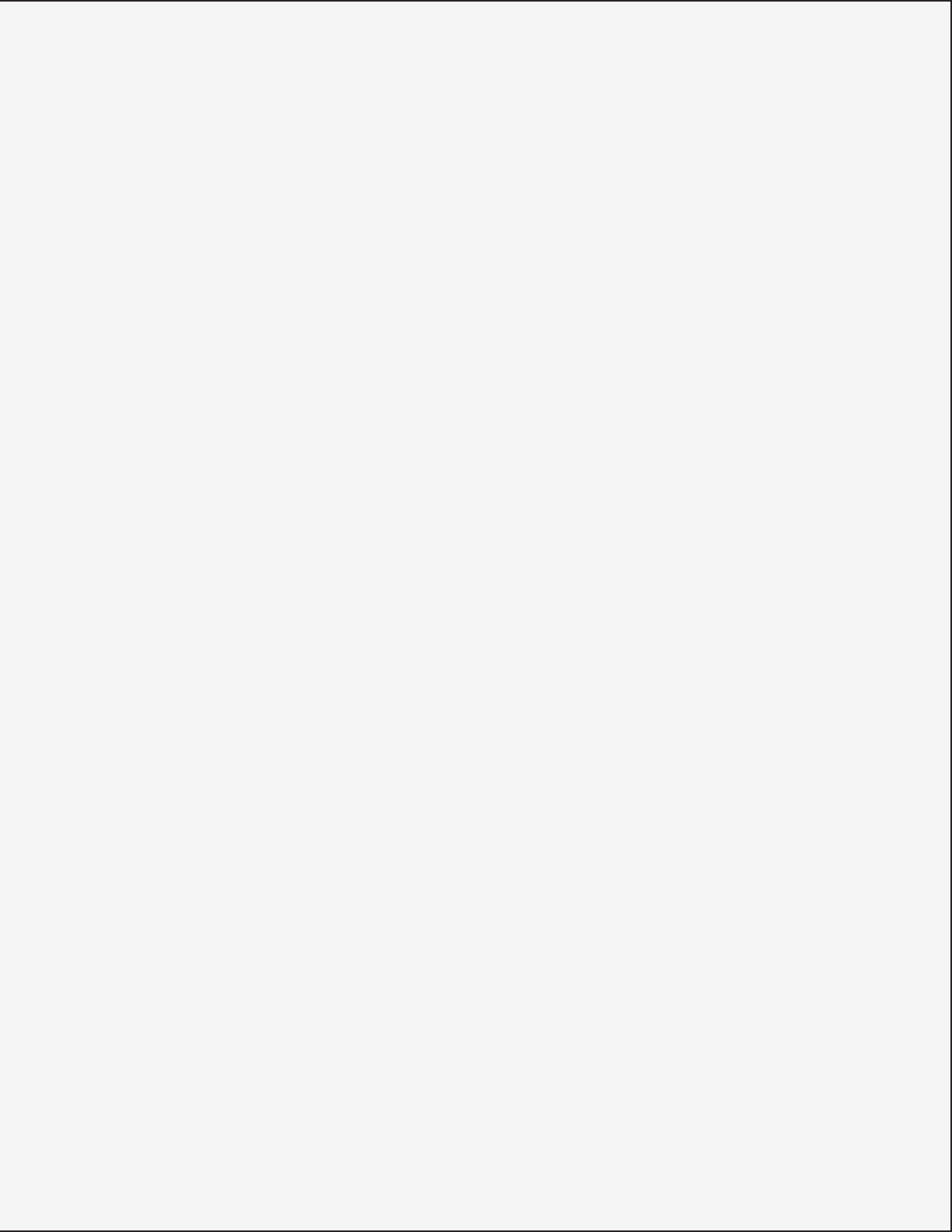
Imágen. Distintos logotipos propuestos para TOCOT, Creación del autor.

### 7.6 Escalabilidad.

Imágen. Esquema de escalabilidad del proyecto, Creación del autor.

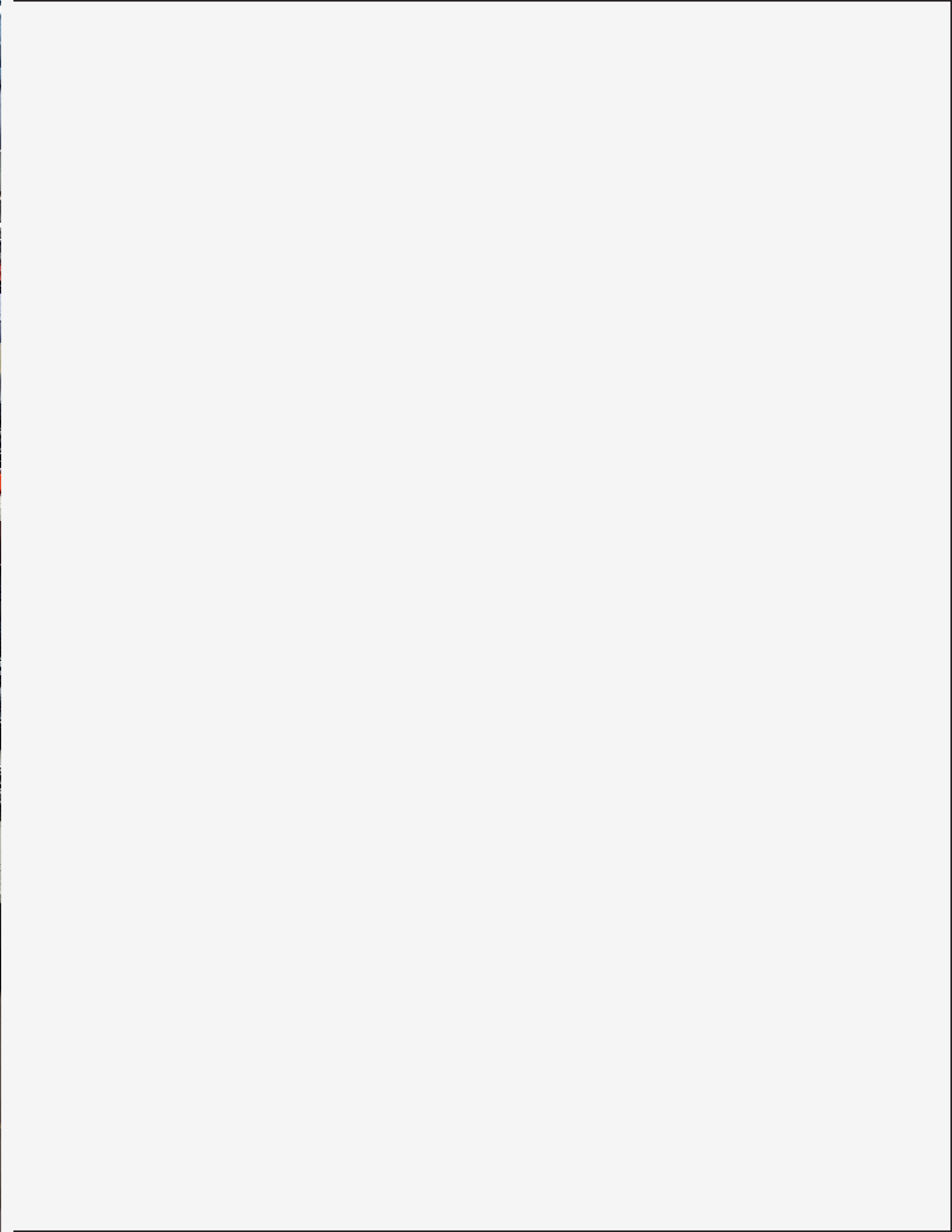
## 10. Referencias de imágenes.

Imágen. Prusa Research Lab, Fotografía original





Imágen. Prusa Research Lab, Fotografía original



TOCOT

POST PROCESO

por NICOLAS ANSELMO