



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABÍ**

**FACULTAD DE
INGENIERIA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA.**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D DE MOVIMIENTO DELTA COMO
HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA**

AUTORES:

Chávez Pachay kevin Jostin

Macías Moreira Kevin Imanol

CARRERA:


Ingeniería Marítima.

TUTOR:

Ing. Yusnier Enrique de la Rosa Rosales

MANTA

2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Macías Moreira Kevin Imanol, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es “IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D DE MOVIMIENTO DELTA COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.


Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 5 de febrero 2026.

Lo certifico,



Ing. Yusnier de la Rosa Rosales
Docente Tutor
Ingeniería Marítima

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
	Página 1 de 1	

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Chávez Pachay Kevin Jostin, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es “IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D DE MOVIMIENTO DELTA COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 5 de febrero 2026.

Lo certifico,



Ing. Yusnier de la Rosa Rosales
Docente Tutor
Ingeniería Marítima

AUTORÍA DEL PROYECTO

Los estudiantes, **Chávez Pachay Kevin Jostin** y **Macías Moreira Kevin Imanol**, egresados de la Universidad laica Eloy Alfaro de Manabí, facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la carrera de Ingeniería Marítima, declaramos libre y voluntariamente que el tema: **"Implementación de una impresora 3d de movimiento delta como herramienta didáctica para la carrera de Ingeniería Marítima"**, corresponde en su totalidad a los suscritos, siendo el Ingeniero Yusnier Enrique de la Rosa Rosales, tutor del presente trabajo.

Asimismo, transferimos los derechos y la titularidad a la Universidad Laica Eloy de Manabí conforme a lo establecido en la normativa vigente.



Chávez Pachay Kevin Jostin

C.I: 1350497697

Autor



Macías Moreira Kevin Imanol

C.I: 1313818799

Autor



Ing. Yusnier Enrique de la Rosa Rosales, MSc

C.I: 0959689472

Tutor

DEDICATORIA

El desarrollo de la presente tesis se lo quiero dedicar principalmente a Dios por permitirme llegar hasta esta etapa con buena salud y conocimiento. A mis padres por ser el pilar fundamental de mi crecimiento e inspiración de superación pese a las adversidades de la vida, por apoyar mis decisiones sin reproches, confiar en mí y brindarme la seguridad de seguir mis sueños y metas tanto personales como profesionales. A mi tía por ser un apoyo fundamental en mi vida. A mis hermanos, quienes siempre han tenido palabras alentadoras sobre mi futuro profesional. Finalmente, se lo dedico a mi novia y amigos que depositaron su confianza, cariño y apoyo en mí.

Chávez Pachay kevin Jostin

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis principalmente a mi Padre, quien ha sido el pilar fundamental de mi vida, que gracias a su enseñanza sé que con esfuerzo todo se logra, encontrando en sus palabras la motivación para llegar hasta donde estoy, así mismo, gracias por brindarme apoyo incondicional desde mi infancia hasta ahora, acompañándome en cada etapa de mi formación académica y en mi crecimiento personal. A mi familia, quien me ha inculcado los valores y deberes positivos que han enriquecido mi vida de manera significativa. Siendo su sabiduría y amor una guía constante en mi vida.

Macías Moreira Kevin Imanol

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por su constante apoyo y por inculcarme con valores sólidos, por acompañarme en todo mi proceso académico, guiándome con humildad hacia la realización de mis metas. A mi tía por siempre brindarme su apoyo cuando lo necesitaba. A mi padre por ser un apoyo inquebrantable y nunca permitirme rendirme. A mi madre por compartir conmigo momentos difíciles durante este proceso y apoyarme para seguir adelante, lo cual me ha permitido culminar esta etapa de manera exitosa. A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios.

Chávez Pachay Kevin Jostin

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, salud y sabiduría para afrontar cada uno de los procesos académicos y personales. A mis padres por criarme con buenos valores y enseñarme a ser perseverante y constante. A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por permitirme conocer amigos y futuros compañeros de profesión con una calidez humana única, donde siempre persevero el apoyo, las risas y los desvelos. A cada docente de la carrera de Ingeniería Marítima que no solo se limitó a brindar los conocimientos dispuestos en el temario, sino que proporcionaron experiencias laborales propias para garantizar un aprendizaje más amplio. En especial a la Ingeniero Yusnier de la Rosa por ser la guía para la correcta realización de la presente tesis, por su dedicación, tiempo y entendimiento brindado a lo largo de este trabajo.

Macías Moreira Kevin Imanol

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo implementar una impresora 3D de movimiento delta, modelo FLSUN T1 Pro, como herramienta didáctica en la carrera de Ingeniería Marítima. Este proyecto surge ante la necesidad de fortalecer el aprendizaje práctico de los estudiantes mediante tecnologías emergentes que permitan visualizar, diseñar y fabricar modelos técnicos aplicables al ámbito naval. La metodología utilizada fue de tipo aplicada y experimental, desarrollando actividades de instalación, capacitación, impresión de prototipos y comparación de rendimiento con otra impresora disponible en la institución. Además, se investigaron aplicaciones específicas de la tecnología de impresión 3D FDM en el sector marítimo y se elaboró un manual de mantenimiento para el uso continuo del equipo. Los resultados evidencian que la FLSUN T1 Pro mejora significativamente la velocidad de impresión y la calidad de los modelos producidos, facilitando el proceso de enseñanza-aprendizaje y fomentando la innovación técnica. La incorporación de esta herramienta permite a los estudiantes interactuar con componentes reales y desarrollar habilidades prácticas alineadas con los requerimientos de la industria marítima.

Palabra clave: FDM, FFF, Impresión, 3D, Delta, Plástico.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to implement a delta-motion 3D printer, the FLSUN T1 Pro, as a teaching tool in the Maritime Engineering program. This project arose from the need to strengthen students' practical learning through emerging technologies that allow them to visualize, design, and manufacture technical models applicable to the naval sector. The methodology used was applied and experimental, developing installation, training, prototype printing, and performance comparison activities with another printer available at the institution. In addition, specific applications of FDM 3D printing technology in the maritime sector were investigated, and a maintenance manual was developed for the continuous use of the equipment. The results show that the FLSUN T1 Pro significantly improves the printing speed and quality of the produced models, facilitating the teaching-learning process and fostering technical innovation. The incorporation of this tool allows students to interact with real components and develop practical skills aligned with the requirements of the maritime industry.

Keywords: FDM, FFF, Printing, 3D, Delta, Plastic.

ÍNDICE

RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
Tema	
Antecedentes	1
Planteamiento del problema.....	1
Justificación	2
Objetivos	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Fundamentación teórica	3
1.1.1. La impresión 3D.....	3
1.1.2. Materiales con tecnología FDM.....	7
1.1.3. Tipos de impresoras 3D según su movimiento.....	11
1.1.7. Aplicaciones de impresión 3D en el sector marítimo	14
CAPÍTULO II: MODELOS DE IMPRESORA 3D	16
2.1. Flsun t1pro	16
2.2 Tronxy Moore 2 Pro.....	17
2.3. Supermaker SLS 2030	19
2.4. Photon Mono M7 Pro.....	20
2.5. IdeaFormer-3D.....	22
2.6. FLASHFORGE AD5M	23
2.7. Tabla comparativa de modelos	25
2.8. Investigaciones previas	26
2.9. Fundamentación legal y normativa aplicada.....	28
2.9.1. Normativa aplicada.....	28
CAPITULO III: MONTAJE, PUESTA EN MARCHA Y PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	31
3.1. Instalación y montaje	31
3.1.1. Componentes	31
3.1.2. Montaje del armazón.....	32
3.1.3. Montaje del sistema extrusor	33
3.1.4. Instalación del sistema de ventilación y acabados finales	33
3.2. Puesta en marcha.....	34
3.2.1. Impresión por primera vez	36

3.3. Mantenimiento preventivo	38
3.3.1. Placa PEI.....	38
3.3.2. Kit de boquillas	39
3.3.3. Guía Lineal y polea.....	40
CAPITULO IV: ANALISIS DE RESULTADOS	41
4.1. Pruebas de Impresión.....	41
4.2. Presentación de resultados	42
4.3. Análisis de resultados	42
Recursos Materiales y Económicos	43
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS	50

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Impresora 3D funciona en los ejes X, Y y Z.....	3
Ilustración 2. Proceso de impresión 3D SLA.....	6
Ilustración 3. Objeto impreso en PLA	8
Ilustración 4. Impresión 3D con PETG.....	9
Ilustración 5. Funda de móvil a base de TPU	10
Ilustración 6. Filamento PVA usada en soportes.....	10
Ilustración 7. Relaciones entre los tipos de impresoras FDM	12
Ilustración 8. Impresora cartesiana	12
Ilustración 9. Impresora Delta.....	13
Ilustración 10. Impresora SCARA.....	14
Ilustración 11. Impresora Flsun t1 pro	16
Ilustración 12. Impresora Tronxy Moore 2 pro.....	18
Ilustración 13. Supermaker SLS 2030	19
Ilustración 14. Photon Mono M7 Pro	21
Ilustración 15. IdeaFormer-3D IR3 V2.....	22
Ilustración 16. FLASHFORGE AD5M.....	24
Ilustración 17 Paquete de accesorios de impresora 3D.....	32
Ilustración 18 Montaje de ejes x, y, z.....	32
Ilustración 19 Montaje de extrusor de filamento	33
Ilustración 20 Acabados finales	34
Ilustración 21 Interruptor de encendido	34
Ilustración 22 Voltajes de entrada	35
Ilustración 23 Opciones de calibración.....	35
Ilustración 24 Montaje de filamento en impresora	36

Ilustración 25 Corte de filamento a 45°	36
Ilustración 26 Guías de filamento	37
Ilustración 27 Selección de temperatura para filamento.....	37
Ilustración 28 Opción de ajuste de boquilla.....	38
Ilustración 29 Colocación de filamentos de más de 1kg.....	38
Ilustración 30 Limpieza de cama caliente.....	39
Ilustración 31 Revisión de boquillas.....	39
Ilustración 32 Colocación de grasa en guías.....	40
Ilustración 33 Hélice a imprimir con las impresoras de la carrera	41
Ilustración 34 Formula de disminución porcentual	43
Ilustración 35 Pruebas de impresión en impresora de resina y FDM	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diferencia entre FFF y FDM	5
Tabla 2 Cuadro comparativo de impresoras 3D.....	25
Tabla 3 Parámetros de impresión.....	41
Tabla 4 Resultados de tiempos de manufactura (Hélice).....	42

Tema

Implementación de una Impresora 3D de movimiento delta como herramienta didáctica para la carrera de Ingeniería Marítima.

Antecedentes

En los últimos años, la tecnología de impresión 3D ha revolucionado la forma en que se desarrollan prototipos, piezas mecánicas y modelos educativos en diversas áreas del conocimiento. En el ámbito de la educación técnica y profesional, la incorporación de impresoras 3D ha demostrado ser una herramienta eficaz para fomentar el aprendizaje práctico y la comprensión de conceptos complejos.

Particularmente, las impresoras de tipo delta, por su diseño cinemático triangular y su capacidad de alta velocidad y precisión, se han convertido en una alternativa innovadora frente a las impresoras cartesianas tradicionales. Sin embargo, la implementación de esta tecnología en carreras como Ingeniería Marítima aún es incipiente. Existen trabajos previos que abordan la impresión 3D en contextos navales, pero pocos se centran en su uso como recurso didáctico en el aula.

Planteamiento del problema

La enseñanza de conceptos técnicos en la carrera de Ingeniería Marítima enfrenta dificultades relacionadas con la comprensión de estructuras, mecanismos y procesos navales complejos que muchas veces solo pueden ser visualizados a través de planos o representaciones digitales. Esta limitación reduce la interacción práctica del estudiante con los contenidos. A pesar del avance tecnológico, no se cuenta con herramientas didácticas modernas que promuevan el aprendizaje activo y la experimentación.

Justificación

El desarrollo del presente proyecto responde a la necesidad de fortalecer el aprendizaje práctico en la carrera de Ingeniería Marítima mediante la incorporación de tecnologías emergentes. El uso de una impresora 3D permitirá a los estudiantes materializar ideas, prototipar piezas de uso naval, y comprender mejor los principios de diseño, fabricación y resistencia de materiales.

Objetivos

Objetivo general

Implementar una impresora 3D de movimiento delta como recurso didáctico para fortalecer el aprendizaje práctico en la carrera de Ingeniería Marítima.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio comparativo de diferentes tecnologías y modelos de impresoras 3D disponibles en el mercado, con el fin de seleccionar la opción más adecuada para su implementación como herramienta didáctica en la carrera de Ingeniería Marítima.
- Investigar las aplicaciones de la tecnología de impresión 3D FDM en el sector marítimo.
- Elaborar una guía para el uso de la impresora 3D en actividades académicas de la carrera.
- Comparar la velocidad de impresión de la impresora 3D FLSUN T1 Pro con la de otra impresora 3D disponible en la carrera de Ingeniería Marítima, mediante pruebas prácticas con modelos didácticos similares.

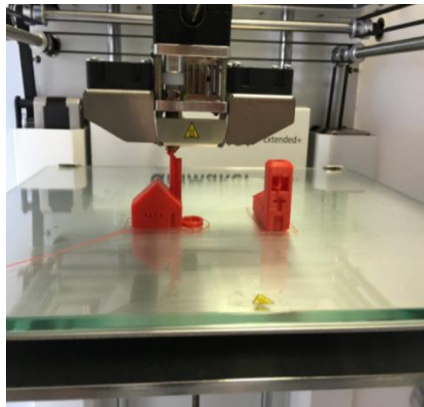
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Fundamentación teórica

1.1.1. La impresión 3D

La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, consiste en imprimir un objeto 3D a partir de un diseño digital. A diferencia de los procesos sustractivos tradicionales, la impresión 3D es un proceso aditivo. Toma un objeto sólido y lo talla o reduce hasta obtener el diseño ideal. En esencia, la impresora 3D utiliza un plano digital para moldear un producto físico. Por ejemplo, algunas impresoras 3D utilizan un material calentado, como el plástico, para crear una capa sobre otras, que finalmente se apilan en un espacio tridimensional para crear un objeto. (McGarry, 2024)

Ilustración 1. Impresora 3D funciona en los ejes X, Y y Z



Fuente: (McGarry, 2024)

1.2.1.1. Funcionamiento de una impresora 3D

Un modelo digital en 3D se corta en cientos de capas finas mediante un software específico para exportarlo en formato de código G. Este formato de impresión 3D es un lenguaje que la impresora 3D lee para saber con precisión cuándo y dónde depositar el material.

Cada capa corresponde a la forma 2D exacta de una sección o rebanada del objeto. Por ejemplo, si se imprimiera en 3D una pirámide, la primera capa (la inferior) sería un cuadrado plano, y la última capa (en la parte superior) sería un pequeño punto.

Las capas se imprimen consecutivamente en 3D de una en una hasta obtener el objeto completamente impreso. (Systèmes, 2022)

2.1.2. Tecnologías comunes de impresión 3D

Existen diferentes formas de imprimir objetos en 3D. Las principales formas de impresión 3D disponibles en la actualidad son:

2.1.2.1. FFF

Tanto la FFF (fabricación por filamento fundido) como el FDM (modelado por deposición fundida) son tecnologías de impresión 3D que consisten en fundir un filamento plástico y extruirlo a través de una boquilla calentada para construir un objeto 3D capa a capa. La impresora se mueve a lo largo de los ejes X, Y y Z para dar forma precisa al objeto.

2.1.2.2. FDM

La principal diferencia entre FFF y FDM, es que FDM es un término registrado utilizado por Stratasys para referirse a este proceso, mientras que FFF es un término más general utilizado en la industria de la impresión 3D para describir la misma tecnología. (Autodesk, s. f.)

2.1.2.1.1 Diferencia entre FFF Y FDM

Son similares, pero FDM es una marca específica de FFF. En la práctica, las impresoras FDM suelen usarse con mayor frecuencia en entornos profesionales, mientras que FFF es un término más general, tanto para entusiastas como para profesionales de la impresión 3D.

Tabla 1 Diferencia entre FFF y FDM

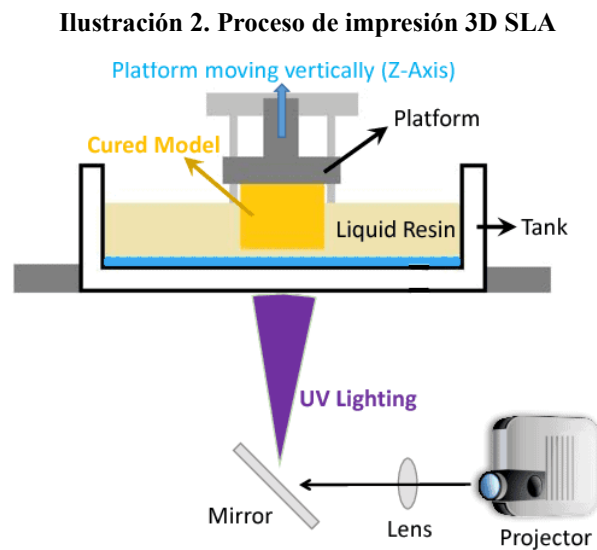
FDM (Modelado por deposición fundida)	FFF (Fabricación de filamentos fundidos)
<ul style="list-style-type: none"> • Terminología: Marca registrada de Stratasys, utilizada en entornos profesionales e industriales. • Costo: Más caro, generalmente vinculado a máquinas de alta gama. • Mercado: Común en industrias como la automotriz, la aeroespacial y la atención médica. • Materiales: Admite filamentos especializados (por ejemplo, compuestos de alta resistencia y temperatura). • Calidad de impresión: conocida por su alta precisión y resultados consistentes, ideal para aplicaciones industriales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Terminología: Término general utilizado ampliamente en la comunidad de impresión 3D. • Costo: Más asequible, a menudo utilizado por aficionados y pequeñas empresas. • Mercado: Popular en creación de prototipos y uso educativo. • Materiales: Utiliza principalmente PLA, ABS, PETG, con menos opciones especializadas. • Calidad de impresión: varía según la impresora, generalmente es adecuada para aplicaciones no críticas y creación rápida de prototipos.

Fuente: (Autodesk, s. f.)

2.1.2.2. SLA

La estereolitografía es un proceso de impresión 3D que utiliza una resina líquida fotosensible y un rayo láser ultravioleta para construir objetos capa por capa. Este método permite obtener piezas con una resolución superior y una precisión inigualable, ideales para prototipos y productos finales en sectores como la automoción y la medicina.

La estereolitografía es reconocida por su precisión, y esta característica se debe a varios factores clave. En primer lugar, utiliza un rayo láser ultravioleta altamente focalizado que solidifica la resina líquida con una exactitud milimétrica. Esto contrasta con otros métodos, como FDM, que depositan filamentos de plástico derretido capa a capa, lo que puede generar líneas visibles y menos definición en los detalles. (Atienza y Climent, 2025)



Fuente: (Xometry Pro, 2024)

2.1.2.3. PBF

La impresión 3D basada en la fusión láser por lecho de polvo (L-PBF), también conocida como DMLS, o sinterizado directo de metal por láser, es un método de fabricación aditiva de metal. Utiliza la fusión selectiva por láser en un lecho de polvo para crear piezas metálicas complejas. En esta guía, exploraremos el proceso DMLS en detalle, desde su historia y el funcionamiento hasta sus ventajas, el postratamiento y su impacto en el mercado de la impresión 3D.

Para iniciar la fabricación, la impresora 3D crea una atmósfera inerte en su cámara y la calienta a la temperatura óptima. A continuación, se deposita una fina capa de polvo de metal, generalmente de entre 20 y 60 micras de grosor, sobre la bandeja. A continuación, un láser de fibra óptica escanea la sección transversal de la pieza y funde las partículas metálicas según el

modelo 3D. Una vez completada una capa, la bandeja desciende y se añade una nueva capa de polvo, repitiendo este proceso capa a capa hasta formar la pieza final. (S, 2025)

2.1.2.4. Chorro de material o aglutinante

La inyección aglutinante es una categoría de técnicas de fabricación aditiva (AM) que utilizan cabezales de impresión de chorro de tinta para depositar de manera selectiva un agente aglutinante líquido sobre material en polvo para formar objetos sólidos en 3D. Dado que las moléculas de polvo se unen mediante una reacción química adhesiva en lugar de fundirse o sinterizarse por la energía térmica aplicada, las técnicas de inyección aglutinante son distintas de las de fusión por lecho de polvo.

La impresión de chorro de tinta es un tipo de impresión en 2D que recrea una imagen propulsando gotas de tinta sobre el papel. El proceso de inyección aglutinante funciona de forma similar; sin embargo, utiliza adhesivo líquido en vez de tinta y sustrato en polvo en lugar de papel. En primer lugar, se extiende una fina capa de polvo sobre una plataforma de construcción. Siguiendo las instrucciones proporcionadas por un archivo CAD, el cabezal de impresión se mueve adelante y atrás sobre la plataforma y deposita gotas de material adhesivo de manera selectiva para endurecer las zonas de polvo. A continuación, la plataforma de construcción cambia de altura, se extiende otra capa de polvo sobre la sección completada y se repite el proceso capa a capa hasta que el objeto esté completamente impreso. (Siemens Software, s. f.)

1.1.2. Materiales con tecnología FDM

1.1.2.1. PLA

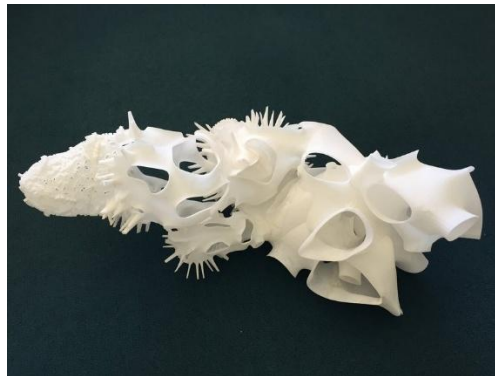
El filamento PLA es uno de los más utilizados tanto en la impresión 3D industrial como en las impresoras domésticas. Lejos de ser un material plástico de producción tradicional o altamente

contaminante, el PLA es un filamento más respetuoso con el medio ambiente ya que no requiere de recursos finitos como el petróleo.

El PLA (ácido poliláctico) ofrece buenas prestaciones al combinar una alta velocidad de impresión con unos bordes muy definidos siempre y cuando el material se enfríe correctamente. Además, los modelos que imprime tienen una deformabilidad muy baja. Este tipo de filamento posee una vida útil de al menos 12 meses si se conserva entre 15 y 25° C, por lo que es apto para almacenamiento.

Su origen se encuentra en materias primas como el almidón de maíz, las raíces de tapioca o la caña de azúcar. De estas féculas y alimentos se obtiene un plástico ecológico y renovable que, en ciertas condiciones de temperatura y humedad, puede ser biodegradable. (Romero, 2023)

Ilustración 3. Objeto impreso en PLA



Fuente: (Romero, 2023)

1.1.2.2. PETG

El plástico PETG, o poliéster de glicol, es un termoplástico popular en el mercado de fabricación aditiva, que combina tanto la simplicidad de la impresión PLA como la resistencia del ABS. Es un plástico amorfo, que puede ser 100% reciclable, y que tiene la misma composición química que el tereftalato de polietileno, mejor conocido por sus siglas PET. Se le añadió glicol para reducir su aspecto frágil y, aumentar su resistencia.

En cuanto a los parámetros de impresión, el PETG tiene una temperatura de extrusión entre 220° y 260°C y se aconseja también utilizar un lecho de impresión calentado que puede estar entre 75-90°C. Una velocidad de impresión ideal es de 40-60mm/s. No se recomienda utilizar soportes con el PETG, ya que puede pegarse demasiado a sí mismo, lo que dificulta su eliminación tras la impresión. Aún así, el material es relativamente fácil de imprimir, aunque más difícil que el PLA, pero con buenas propiedades. (C & C, 2025)

Ilustración 4. Impresión 3D con PETG



Fuente: (C & C, 2025)

1.1.2.3. TPU

El denominado poliuretano termoplástico (TPU) es un tipo de elastómero que se caracteriza por su alta flexibilidad y durabilidad en la transformación, siendo capaz de soportar fuerzas de compresión y tracción bastante mayores que otros materiales más comunes como el PLA y el ABS. En su composición química encontramos que su adaptabilidad se debe a la presencia de secuencias alternas de segmentos duros y blandos, es decir, que, variando la proporción de estos segmentos, la dureza y flexibilidad del material también cambia. Esto afecta a la transparencia de las piezas finales, la suavidad al tacto, o la adherencia de las mismas. El TPU es reciclable, ya que puede moldearse, extruirse y reutilizarse. En general podemos afirmar que el TPU es un polímero muy variado que proporciona una serie de características muy interesantes a las piezas. (M & M, 2025)

Ilustración 5. Funda de móvil a base de TPU



Fuente: (M & M, 2025)

1.1.2.4. PVA

El PVA, o alcohol polivinílico, es un material muy utilizado en la industria de impresión 3D debido a su habilidad de disolverse en el agua. En concreto se utiliza para la creación de soportes de impresión mediante máquinas FDM de doble extrusión. Esto ofrece a los usuarios una mayor libertad de diseño para piezas con geometrías complejas, sin afectar a la calidad de impresión. Cuantos más detalles y partes en voladizo tenga el diseño, más soportes requerirá la pieza para poder ser fabricada. (M & M, 2025a)

Ilustración 6. Filamento PVA usada en soportes



Fuente: (M & M, 2025)

1.1.2.5. PET

El tereftalato de polietileno (PET) es un material de impresión 3D a base de poliéster que combina excelentes propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas con una excelente resistencia química y estabilidad dimensional. El PET también presenta baja absorción de humedad y buenas propiedades de flujo, lo que lo convierte en un material ideal para contenedores

impermeables, como los destinados al almacenamiento de alimentos y bebidas. Es ideal para fabricar productos ligeros como macetas, botellas térmicas o tupper.

Es un material 100% reciclable, pero el material reciclado puede tener una superficie más suave que podría hacerlo propenso al desgaste. (JuggerBot3D, 2024)

1.1.2.6. ABS

El ABS es un tipo de filamento plástico utilizado en la impresión 3D. Es uno de los materiales más populares utilizados en la impresión 3D, especialmente en la fabricación de objetos duraderos y resistentes.

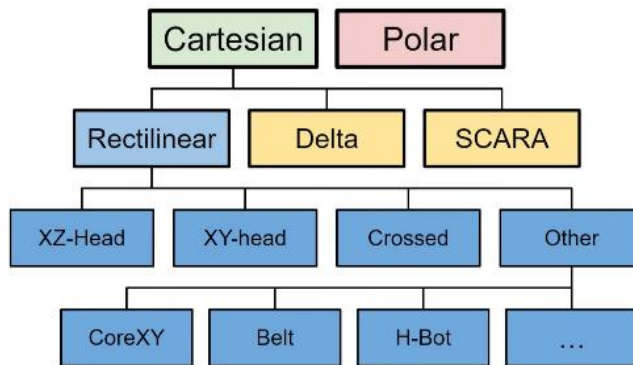
El ABS es un material termoplástico, lo que significa que se ablanda y se vuelve maleable al calentarse y se endurece al enfriarse. Es un material resistente a la abrasión, al impacto y a la deformación, lo que lo hace ideal para la impresión 3D de piezas mecánicas y funcionales.

Además de su resistencia, el ABS es un material fácil de trabajar y tiene una buena adherencia entre las capas impresas. Sin embargo, el ABS es propenso a la deformación y al agrietamiento durante la impresión, lo que requiere que se utilicen técnicas especiales de impresión y se preste atención a la temperatura de la plataforma de impresión. (*Qué Es el ABS En la Impresión 3D*, s. f.)

1.1.3. Tipos de impresoras 3D según su movimiento

En cuanto al sistema de coordenadas, seis de los siete tipos de impresores FDM (excepto las polares 3D) utilizan coordenadas cartesianas. Esto significa que las impresoras delta, CoreXY, H-bot, SCARA y de banda se clasifican técnicamente como cartesianas. Sin embargo, rara vez se las conoce como "cartesianas", ya que tienen nombres más comunes y específicos. (Tipos de Impresoras 3D FDM: Cartesianas, CoreXY y Más, 2023)

Ilustración 7. Relaciones entre los tipos de impresoras FDM



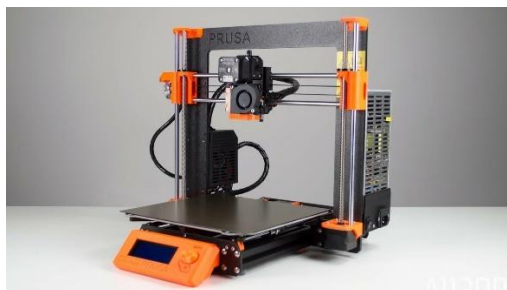
Fuente: All3DP

1.1.4. Impresora cartesiana

Las impresoras rectilíneas son la configuración más común entre las impresoras 3D de consumo. Son las impresoras 3D típicas, con marcos en ángulo recto y ejes lineales. Entre los subtipos se incluyen las impresoras de cabezal cartesiano XZ y las impresoras cruzadas tipo UltiMaker.

Las impresoras rectilíneas mueven los componentes linealmente a lo largo de los ejes X, Y y Z para posicionar el cabezal de impresión e imprimir en un espacio tridimensional. El cabezal de impresión generalmente se mueve a lo largo de un pórtico X o Y, que a su vez se mueve a lo largo del eje Z, aunque también son posibles otras variaciones de movimiento, según la impresora. (Tipos de Impresoras 3D FDM: Cartesianas, CoreXY y Más, 2023)

Ilustración 8. Impresora cartesiana



Fuente: All3DP

1.1.5. Impresora Delta

Las impresoras de tipo delta fueron creadas con la idea de aumentar la velocidad de impresión, alcanzando los 500-600mm/s. Se caracterizan por su cama de impresión circular y por su extrusor ubicado encima con una configuración triangular capaz de moverse hacia arriba y hacia abajo. Por este motivo, reciben el nombre “Delta”, basado en los robots Delta.

Este tipo de impresoras se caracterizan, a diferencia de las cartesianas, por la capacidad de poder construir objetos más altos, debido a su diseño de estructura vertical. Estas impresoras se componen de un extrusor y un hotend encargados de fundir el filamento y depositarlo sobre la placa de impresión circular, que es siempre fija, es decir, que solo se mueve el extrusor, lo que la hace una impresora estable y precisa, que aporta alta calidad y definición en las piezas finales.

En una impresora 3D Delta el cabezal de impresión está montado en tres brazos móviles encargados de empujar o tirar del cabezal para controlar su posición. Estos brazos articulados se accionan con un motor de pasos, para así poder mover el ligero cabezal de impresión rápidamente. (*Impresoras 3D Delta*, s. f.)

Ilustración 9. Impresora Delta.



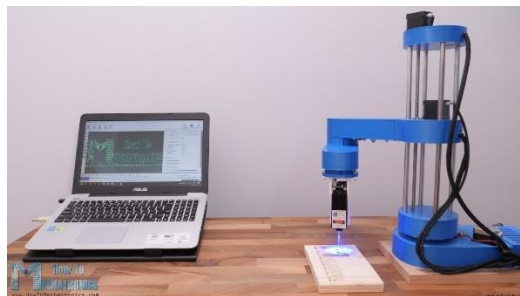
Fuente: Trilab

1.1.6. Impresora SCARA

SCARA (Brazo Robótico de Ensamblaje de Cumplimiento Selectivo) es un sistema de coordenadas popular empleado en robots industriales. Una impresora 3D SCARA se asemeja a los robots industriales y ofrece mayor libertad y flexibilidad al imprimir, ya que no está limitada a una plataforma de construcción y puede moverse en todas las direcciones posibles, lo que facilita la impresión de piezas geoméricamente complejas. Las impresoras 3D Scara se mueven de forma muy similar a la mano humana e imprimen más rápido que las impresoras cartesianas.

Actualmente, tienen aplicaciones en la construcción de estructuras como puentes, edificios e incluso proyectos industriales de gran escala. (Team, 2020)

Ilustración 10. Impresora SCARA



Fuente: MFGrobots

1.1.7. Aplicaciones de impresión 3D en el sector marítimo

- **Fabricación de componentes:** Una de las aplicaciones más importantes de la impresión 3D en la construcción naval es la producción de componentes y piezas. Estos pueden abarcar desde piezas pequeñas y complejas, como válvulas y bombas, hasta piezas más grandes, como hélices y secciones del casco. Mediante la impresión 3D, los constructores navales pueden crear piezas personalizadas con geometrías complejas que serían difíciles o imposibles de producir con los métodos de fabricación tradicionales.

- **Prototipado y diseño:** La impresión 3D también es una herramienta valiosa para la creación de prototipos y la verificación de diseños. Los constructores navales pueden producir rápidamente modelos a escala de nuevos diseños, lo que permite a los ingenieros probar y perfeccionar sus ideas antes de comenzar la producción a gran escala. Este proceso iterativo ayuda a reducir los tiempos y costos de desarrollo, a la vez que minimiza el riesgo de errores de diseño.
- **Reparación y mantenimiento:** En el mantenimiento y la reparación de buques, la impresión 3D permite producir piezas de repuesto bajo demanda, incluso en ubicaciones remotas. Esta capacidad puede reducir significativamente el tiempo de inactividad, ya que no es necesario esperar a que el fabricante envíe las piezas. En su lugar, los archivos digitales se pueden enviar a una impresora 3D a bordo del buque o a una instalación cercana, donde la pieza se puede producir e instalar rápidamente.
- **Personalización:** Los buques suelen requerir componentes especializados adaptados a sus necesidades operativas específicas. La impresión 3D permite a los constructores navales producir piezas personalizadas con relativa facilidad, lo que permite una mayor flexibilidad en el diseño y la funcionalidad. Esta personalización puede mejorar el rendimiento y la eficiencia en diversas aplicaciones marítimas.
- **Estructuras ligeras:** La impresión 3D permite crear estructuras ligeras optimizando el uso de materiales. Esto es especialmente importante en la construcción naval, donde la reducción de peso puede resultar en una mayor eficiencia de combustible y menores costos operativos. Mediante el uso de materiales avanzados y técnicas de diseño innovadoras, los componentes impresos en 3D pueden ofrecer una reducción significativa de peso sin comprometer la resistencia ni la durabilidad. (Impresión 3D En la Construcción Naval: Revolucionando la Fabricación Marítima, s. f.)

CAPÍTULO II: MODELOS DE IMPRESORA 3D

2.1. Flsun t1pro

La FLSUN T1 Pro es una impresora 3D de arquitectura delta, diseñada para ofrecer alta velocidad de impresión, precisión y una excelente experiencia de usuario tanto para aplicaciones domésticas como profesionales. Es una evolución de los modelos anteriores de FLSUN, incorporando mejoras en velocidad, estabilidad y conectividad. (T1 Pro, s. f.)

Ilustración 11. Impresora Flsun t1 pro



Fuente: Flsun

Características

Precisión y resolución de impresión.

- **Precisión XY:** $\pm 0,1$ m
- **Resolución mínima de capa:** 0,05 mm
- **Aceleración controlada:** hasta 30000 mm/s²

Área de impresión.

- **Diámetro:** 260 mm
- **Altura:** 330 mm

Compatibilidad con diferentes materiales.

- PLA, PETG, TPU (flexible), ABS, ASA, PC, PA (nylon), entre otros

Facilidad de uso y mantenimiento.

- Nivelación automática de la cama
- Pantalla táctil intuitiva con acceso a configuración rápida
- Control remoto vía WiFi (por navegador, gracias al firmware Klipper)
- Sistema modular que facilita el cambio de boquilla o mantenimiento del extrusor
- Software de código abierto y comunidad activa para soporte

Costo inicial y de operación.

- **Costo inicial estimado:** \$850

Disponibilidad de soporte técnico y repuestos.

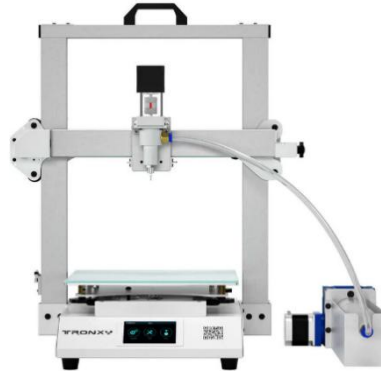
- La mayoría de los componentes son estándar o fácilmente adaptables, como motores paso a paso NEMA 17, boquillas tipo Volcano, sensores, etc.
- Disponibilidad en tiendas como AliExpress, Amazon, y distribuidores especializados.

2.2 Tronxy Moore 2 Pro

La Tronxy Moore 2 Pro es una impresora 3D tipo FDM (Modelado por Deposición Fundida) con arquitectura cartesiana, orientada a usuarios que buscan gran volumen de impresión, precisión, y compatibilidad con múltiples materiales. Diseñada principalmente para entornos profesionales, educativos y de prototipado industrial, combina un diseño robusto con

características modernas como nivelación automática, sensor de filamento, pantalla táctil y extrusor directo. (Tronxy, s. f.)

Ilustración 12. Impresora Tronxy Moore 2 pro



Fuente: Tronxy

Características

Precisión y resolución de impresión.

- **Precisión XY:** $\pm 0,012$ mm
- **Precisión Z:** $\pm 0,004$ mm
- **Resolución de capa:** de 0,1 mm a 0,4 mm
- **Velocidad de impresión:** hasta 40 mm/s

Área de impresión.

- **Área útil de impresión:** 255 x 255 x 260 mm

Compatibilidad con diferentes materiales.

- Arcilla, lechada de cerámica, porcelana roja y diversos materiales líquidos fluidos.

Facilidad de uso y mantenimiento.

- Pantalla táctil a color con interfaz clara
- Nivelación automática de cama con sensor inductivo
- Sensor de detección de filamento (pausa automática si se agota)
- Reanudación de impresión tras corte de energía
- Montaje semiensamblado (fácil instalación)

Costo inicial y de operación.

- **Costo estimado:** \$600 (Sin incluir envío)

Disponibilidad de soporte técnico y repuestos.

- Accesible mediante foros, redes sociales, soporte oficial de Tronxy y tutoriales en YouTube
- Manuales disponibles en inglés y videos explicativos

2.3. Supermaker SLS 2030

La Supermaker SLS 2030 es una impresora 3D profesional de sinterizado selectivo por láser. Esta técnica permite la fusión de polvos termoplásticos capa por capa mediante un láser de alta potencia, generando piezas resistentes y precisas sin estructuras de soporte, gracias al uso del polvo no sinterizado como base de sustentación. (ZONGHENGED, 2025)

Ilustración 13. Supermaker SLS 2030



Fuente: (ZONGHENGED,2025)

Características

Resolución de impresión

- 0,3 – 0,3 mm
- **Velocidad de escaneo:** hasta 15 m/s

Área de impresión

- 200 x 200 x 200 mm

Compatibilidad con diferentes materiales.

- PA11, PA12, TPU, nailon con GF

Facilidades de uso

- Impresión de alta precisión para piezas complejas.
- Interfaz fácil de usar para un funcionamiento perfecto.
- Solución rentable para pequeñas y medianas empresas.
- Capacidades de creación parida de prototipos.

Costo inicial de operación

Costo estimado: \$20000

2.4. Photon Mono M7 Pro

La Anycubic Photon M7 Pro es una impresora 3D resina LCD (SLA) de alta precisión, orientada a usuarios que requieren un elevado nivel de detalle para piezas pequeñas o modelos complejos. Su diseño combina una gran resolución, área de impresión ampliada, sistema de nivelación automática y funciones inteligentes que optimizan la experiencia de uso. Está especialmente pensada para aplicaciones profesionales en campos como la joyería, la odontología, el modelismo y el prototipado de precisión.

Ilustración 14. Photon Mono M7 Pro



Fuente: ANYCUBIC

Características

Precisión y resolución de impresión.

- **Resolución de capa:** de 0,01 mm a 0,2 mm
- **Velocidad de impresión:** hasta 170 mm/h

Área de impresión.

- **Área útil de impresión:** 223 x 126 x 230mm

Compatibilidad con diferentes materiales.

- Resinas estándar

Facilidad de uso y mantenimiento.

- Nivelación automática de plataforma
- Pantalla táctil a color con interfaz intuitivo
- Cámara integrada con IA para monitoreo remoto
- Enfriamiento de resina por ventilación activa
- Detector de fallos con reinicio inteligente de impresión

- Compatible con Anycubic App para control y monitoreo vía Wifi

Costo inicial y de operación.

- **Costo inicial estimado:** entre \$700 a \$900

Disponibilidad de soporte técnico y repuestos.

- Soporte técnico oficial de Anycubic vía web y correo
- Manuales y actualizaciones frecuentes del firmware

2.5. IdeaFormer-3D

Las impresoras 3D de correa utilizan modelado por deposición fundida (FDM) para imprimir, pero no se trata de una impresora rectilínea, delta o incluso polar estándar: es una técnica relativamente única que no tiene otro nombre que "impresora 3D de correa".

Dos principios básicos hacen posible la impresora 3D de correa: la inclinación de la boquilla y la sustitución de la cama por una correa. En teoría, la primera podría inclinar cualquier configuración rectilínea existente, pero lo más común es un sistema de movimiento cartesiano-XY del cabezal con la parte inferior de la «H» (formada por las correas) girada hacia la cama. (*Impresora 3D de Cinturón: Todo Lo Que Necesitas Saber*, 2025)

Ilustración 15. IdeaFormer-3D IR3 V2



Fuente: IdeaFormer

Características

Precisión y resolución de impresión.

- **Velocidad de impresión:** hasta 400 mm/s

Área de impresión.

- **Área útil de impresión:** $250 \times 250 \times \infty$ mm

Compatibilidad con diferentes materiales.

- PLA, TPU, PETG, ABS, etc.

Facilidad de uso y mantenimiento.

- Nivelación automática de cama mediante sensor inductivo (Auto Bed Leveling)
- Pantalla táctil a color con interfaz intuitiva.
- Montaje semiensamblado, toma menos de 30 minutos instalar.
- Sensor de filamento y reanudación por corte de energía.
- Extrusor directo que facilita el cambio de material y evita atascos frecuentes.

Costo inicial y de operación.

- **Costo inicial estimado:** \$900

2.6. FLASHFORGE AD5M

La FlashForge Adventurer 5M (AD5M) es una impresora 3D tipo FDM de nueva generación, diseñada para ser rápida, silenciosa y fácil de usar, sin sacrificar calidad ni compatibilidad de materiales. Ofrece una solución plug-and-play con funciones automáticas, ideal tanto para principiantes avanzados como para uso educativo, profesional o de oficina.

Ilustración 16. FLASHFORGE AD5M



Fuente: FLASHFORGE

Características

- **Velocidad de impresión:** hasta 600 mm/s

Área de impresión.

- **Área útil de impresión:** 220 × 220 × 220 mm

Facilidad de uso y mantenimiento.

- Auto-nivelación completa de cama (nivelación en un solo toque)
- Pantalla táctil de 4,3" con interfaz intuitiva
- Extrusor modular intercambiable sin herramientas
- Sensor de filamento y reanudación por corte de energía
- Montaje completamente ensamblado, lista para usar
- Bajo nivel de ruido: <50 dB, ideal para oficinas o ambientes escolares

Costo inicial y de operación.

- **Costo inicial estimado:** 300\$ a 400\$

Disponibilidad de soporte técnico y repuestos.

- Accesible mediante foros, redes sociales, soporte oficial de Tronxy y tutoriales en YouTube
- Manuales disponibles en inglés y videos explicativos

2.7. Tabla comparativa de modelos

Cuadro comparativo de impresoras 3D que incluye las más comunes en el mercado, destacando lo más importante de cada una:

Tabla 2 Cuadro comparativo de impresoras 3D

Modelo	Valor económico	Max velocidad de impresión	Mayor Volumen de impresión	Facilidad de mantenimiento	Facilidad de obtención de insumos	Ideal para proyectos didácticos
Tronxy Moore 2 pro	X			X		X
Supermaker SLS 2030						
Anycubic M7 pro	X			X	X	X
IdeaFormer-3D IR3 V2			X		X	
FLASHFORGE AD5M	X			X	X	X
Flsun T1 pro	X	X	X	X	X	X

Fuente: Autores

2.8. Investigaciones previas

Título: Estudio de impresión 3D no planar en dos tipos de impresoras 3D: Cartesiana y delta: estudio de impresión 3D no planar en impresora 3D delta.

Autor: Suárez García, David Alejandro

Repositorio: Universidad Escuela Politécnica Nacional

Año: 2024

Descripción: El presente trabajo tiene como objetivo comparar y analizar la impresión 3D planar y no planar en una impresora tipo Delta, explorando sus ventajas, desventajas y diferencias. Mediante un análisis detallado en base a un protocolo de pruebas, se evaluaron aspectos como la calidad superficial, la complejidad geométrica y la eficiencia de producción. Los resultados indican que la impresión 3D no planar ofrece mejoras significativas en términos de calidad superficial, aunque presenta desafíos técnicos que apuntan están en fase de investigación. Estas conclusiones aportan nuevos análisis comparativos para futuras investigaciones en la tecnología de fabricación aditiva. (Suárez, 2024, p. 10).

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26049>

Título: Implementación de un algoritmo de conversión cartesiana y segmentación de vectores para impresoras 3D en configuración Delta

Autor: Luis Arturo Iñiguez Hernández

Repositorio: Universidad CIATEQ

Año: 2017

Descripción: El objetivo de esta tesis es generar los algoritmos requeridos para un sistema de impresión delta, el cual es necesario para bajar costos de manufactura, así como disminuir tiempos de ensamble. Los algoritmos comprendidos son: conversión de coordenadas cartesianas a delta y segmentado de vectores. La parte de diseño mecánico de este proyecto es desarrollado por otro ingeniero de ese desarrollo se obtendrán los valores, medidas y datos del diseño mecánico de la impresora delta. El desarrollo se basa en un firmware anterior usado en la impresora cartesiana, este desarrollo se integra a ese firmware. La conversión de coordenadas cartesianas a coordenadas delta se realiza dentro del sistema operativo embebido en la impresora, este es necesario para convertir el sistema tradicional cartesiano a sistema de coordenadas delta, para esta conversión se necesita tener bien definidos las medidas de las partes mecánicas de la impresora. El segmentado de vectores es necesario ya que en un sistema delta el camino natural entre 2 puntos no es una línea recta, en este caso el movimiento es de péndulo por lo que el segmentado de los vectores de movimiento minimiza el efecto péndulo y hace que la impresión sea viable. Los resultados son satisfactorios ya que con este sistema se redujo el costo hasta un 70% debido a que no requiere de memoria adicional, así como también fueron reducidas las dimensiones de impresión, con una reducción no aparente en la precisión de la superficie de la impresión. (Iñiguez, 2017, p. 7).

Fuente: <http://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1020/92>

Título: Rediseño de una impresora 3D de configuración delta modelo DY para incrementar su rendimiento y la calidad de las piezas impresas

Autor: Asmat Vigo, Roger Kevin Arnold, León Cabanillas, Wveiker Aníbal

Repositorio: Universidad Cesar Vallejo

Año: 2022

Descripción: En esta tesis se realizó el rediseño de una impresora 3D de configuración delta modelo DY con la finalidad de incrementar su rendimiento y mejorar la calidad en las piezas impresas. La investigación es de tipo aplicada y de diseño explicativa pre experimental descriptivo. Para la recolección de datos, utilizamos la técnica de la observación con lo cual se identificó puntos débiles como es la deformación de la estructura para realizar el trabajo de imprimir piezas en 3 dimensiones y el análisis documental nos dio a conocer sus características brindadas por el fabricante. La principal causa que genero una mala resistencia de la estructura de la impresora fueron los acoples porque no correspondían a algunos componentes de la estructura causando una disminución en su rendimiento, deformación y mala calidad de las piezas impresas en 3D. Usando el software SOLIDWORKS se hizo la simulación de las cargas y la estructura exterior de la impresora obteniendo una nueva estructura general, partes en el soporte a bajo costo con la finalidad de incrementar el rendimiento y mejorar la calidad de las piezas impresas en 3D. Se determinó por análisis de elemento finitos: Fuerzas reactivas, tensiones de von mises, desplazamiento y factor de seguridad de la actual y del nuevo diseño de la impresora 3D de configuración delta modelo DY. En el presupuesto técnico económico fue de S/. 1928 soles obteniendo un ahorro de 50% con respecto al mercado. (Wveiker, 2022, p. 7).

Fuente: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/130360>

2.9. Fundamentación legal y normativa aplicada

2.9.1. Normativa aplicada

2.9.1.1. Normativas Internacionales sobre fabricación aditiva

- ISO/ASTM 52900:2021, establece los términos y definiciones clave relacionado con la fabricación aditiva, asegurando que el equipo utilizado en el taller de prácticas cumpla con estándares globalmente reconocidos en la industria de la impresión 3D

- ISO/ASTM 52901:2017, Requisitos generales para procesos, sistemas y partes. Esta norma proporciona las directrices necesarias para el proceso de fabricación aditiva, asegurando que las piezas y prototipos creados en el taller sean conformes a los estándares de calidad
- ISO/ASTM 52910:2020, Proporciona directrices para el diseño de componentes fabricados mediante impresión 3D (conocido como "Diseño para Fabricación Aditiva" o DfAM). Ayuda a optimizar el diseño de piezas, mejorar el desempeño estructural y aprovechar las ventajas del proceso aditivo.
- ISO/ASTM 52915:2020, Establece el formato de archivo AMF (Additive Manufacturing File Format), un estándar más avanzado que el clásico .STL, que permite describir con mayor precisión las geometrías, colores, materiales y otras propiedades de los modelos 3D.
- ISO 13849-1:2015: Seguridad funcional de los sistemas de control relacionados con la seguridad, Se aplica a los sistemas eléctricos y electrónicos de control, como botones de emergencia, sensores, sistemas de parada, asegurando que el diseño del sistema de control sea seguro y fiable.

2.9.1.2. Normas de seguridad para máquinas e instalaciones

- ISO 12100:2010: Proporciona principios generales para el diseño seguro de máquinas, identifica y reduce riesgos mecánicos, eléctricos o térmicos desde la etapa de diseño, considerando el uso, mantenimiento y posibles fallos.
- ISO 13849-1:2015: Se centra en la seguridad funcional de los sistemas de control de máquinas. Define requisitos para la fiabilidad de botones de emergencia, sensores y dispositivos de protección, reduciendo el riesgo de accidentes.

- IEC 60204-1: 2016: La seguridad de máquinas y equipamiento eléctricos de prácticas, regula los sistemas eléctricos de la impresora 3D, asegurando que la instalación y operación del equipo sea segura tanto para los estudiantes como para el personal decente.

2.9.1.3. Normas de calidad, salud y medio ambiente

- ISO 9001:2015: Especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad, Aplicada a la impresión 3D, garantiza que el proceso de fabricación de prototipos y piezas cumpla estándares consistentes de calidad.
- ISO 45001:2018: Norma internacional para sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, Aplica al entorno del taller práctico, asegurando condiciones seguras para estudiantes, docentes y personal técnico.
- ISO 14001:2015: Establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental. Aplica al uso de materiales y manejo de residuos en procesos de impresión 3D, fomentando prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

2.9.1.4. Normativas nacionales

- Ley de seguridad y Salud en el Trabajo 2015 (ley jurídica): Establece los requisitos fundamentales de seguridad en el trabajo, los cuales también son aplicables a los entornos educativos.
- Reglamento General 2017 (reglamento jurídico): Proporciona directrices detalladas sobre la implementación de medidas de seguridad en los talleres educativos.
- NTE INEM 2:2014 (norma nacional): Regula las condiciones de seguridad y salud para los trabajadores y estudiantes en espacios de formación práctica.

CAPITULO III: MONTAJE, PUESTA EN MARCHA Y PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.1. Instalación y montaje

En este apartado, se documenta el proceso de montaje detallando de forma superficial los pasos que se realizaron, a continuación, los componentes que vienen en el kit de impresora 3D.

3.1.1. Componentes

- Carcasa superior
- Soporte de cables
- Eje X
- Brazos paralelos
- Extrusor de filamento de 1,75mm
- Eje Y
- Soporte de filamento
- Eje Z
- Soporte de carcasas
- Cama caliente
- Conducto de aire
- Tensor de correa
- Cámara

Ilustración 17 Paquete de accesorios de impresora 3D



Fuente: Autores

3.1.2. Montaje del armazón

El ensamble inició con la preparación de la carcasa superior, colocando un pasador que sostendrá el rollo de filamento que deberá pesar hasta 1kg. Posteriormente, se trabajó con la carcasa inferior organizando los cables, se insertó los ejes X, Y, Z de manera vertical en sus respectivas ranuras de guía, asegurando su correcta alineación perpendicular a la base y que cada eje esté en su correcto lugar.

Ilustración 18 Montaje de ejes x, y, z



Fuente: Autores

Una vez posicionado todo en su lugar, se terminó colocando la carcasa superior, para que las piezas se unan se fijaron ambas carcasas y ejes utilizando 24 tornillos M4x12. Posteriormente se utilizó un apriete de forma diagonal en cruz para que sea uniforme el ajuste.

3.1.3. Montaje del sistema extrusor

Para la instalación del sistema de extrusión es importante hacerlo entre 2 personas, acoplando los brazos paralelos al extrusor. Para esta unión se usaron 2 tornillos de diferentes medidas, 6 tornillos M3x5 y 6 Tornillos M3x3, esto garantiza que minimice las vibraciones.

Ilustración 19 Montaje de extrusor de filamento



Fuente: Autores

3.1.4. Instalación del sistema de ventilación y acabados finales

Finalmente, se procedió a la colocación de los ductos de aire, asegurando que pase libremente, posteriormente se realizó la conexión del cableado electrónico, el montaje de los soportes de las superficies de acrílico y vidrio. Se inició con el proceso de puesta en marcha que más adelante se explicará de forma más detallada.

Ilustración 20 Acabados finales



Fuente: Autores

3.2. Puesta en marcha

Antes de encender hay que asegurarse que el interruptor este apagado para poder conectar el cable de alimentación.

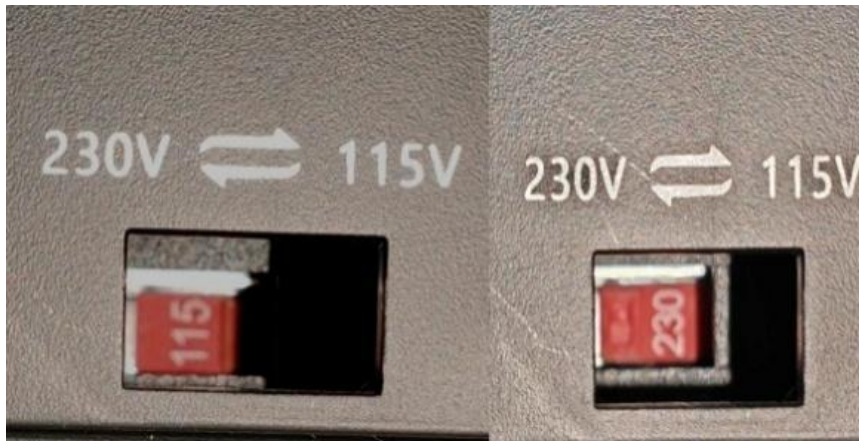
Ilustración 21 Interruptor de encendido



Fuente: Autores

Antes de encender hay que asegurarse que el voltaje de entrada sea el correcto, la impresora puede funcionar a 230 V o 115 V este ajuste es manual y debe hacerse antes de encender por primera vez.

Ilustración 22 Voltajes de entrada

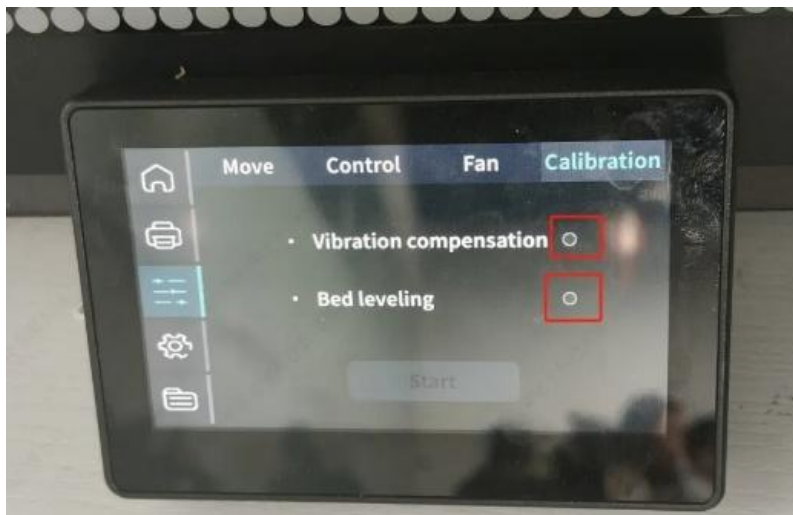


Fuente: Autores

Después de haber revisado los pasos anteriores, recién se debería de conectar el cable de alimentación. Después de apagar la impresora se deberá esperar 1 minuto antes de volverla a encender.

Ingresando a la interfaz de la impresora se recomienda realizar las respectivas calibraciones y esperar a que terminen.

Ilustración 23 Opciones de calibración



Fuente: Autores

3.2.1. Impresión por primera vez

Se deberá retirar el pasador de filamento para luego colocar el rollo de filamento y posteriormente devolverlo a su posición original.

Ilustración 24 Montaje de filamento en impresora



Fuente: Autores

Para facilitar el ingreso del filamento a la extrusora se recomienda utilizar unos alicates para cortar el filamento a 45°.

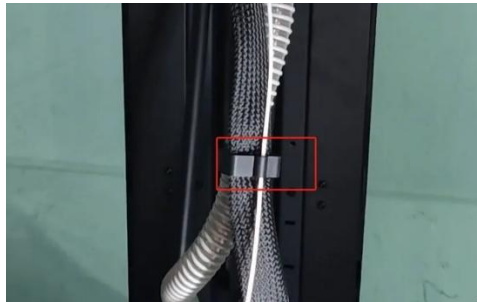
Ilustración 25 Corte de filamento a 45°



Fuente: Autores

El filamento deberá pasar por las guías para su correcto desplazamiento a la extrusora.

Ilustración 26 Guías de filamento



Fuente: Autores

Antes de ingresar el filamento deberá seleccionar la temperatura adecuada para que este pueda ingresar de forma segura y automática

Ilustración 27 Selección de temperatura para filamento



Fuente: Autores

Si la boquilla está demasiado baja o demasiado alta al momento de imprimir la primera capa, seleccione la siguiente opción para ajustar la altura de la boquilla durante la impresión.

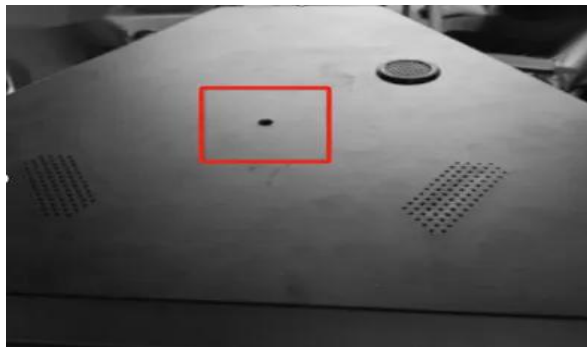
Ilustración 28 Opción de ajuste de boquilla



Fuente: Autores

Los filamentos no deberán pesar más de 1 kg, caso contrario se deberá colocar afuera en la carcasa superior sin que obstruya los ductos de ventilación.

Ilustración 29 Colocación de filamentos de más de 1kg



Fuente: Autores

3.3. Mantenimiento preventivo

3.3.1. Placa PEI

- **Razón:** Una placa PEI limpia mejora la adherencia al modelo, reduce su desprendimiento durante la impresión y mejora la tasa de éxito. Antes de cada impresión, verifique si hay polvo o consumibles residuales en la placa PEI. Si los hay, límpiela antes de imprimir.
- **Como limpiar:** Limpie la placa PEI con un paño no tejido humedecido en alcohol.

Ilustración 30 Limpieza de cama caliente

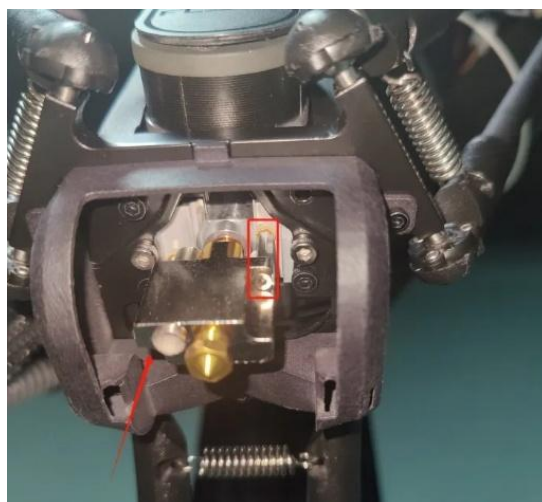


Fuente: Autores

3.3.2. Kit de boquillas

- **Causa:** Si los tornillos que fijan el kit de boquillas están flojos o la garganta está doblada, la calidad de impresión y el uso se verán afectados. Es necesario realizar inspecciones periódicas.
- **Falla de mantenimiento:** Debe revisarse cada 15 días o si hay un problema de calidad de impresión, dependiendo de la situación de impresión de la impresora.

Ilustración 31 Revisión de boquillas

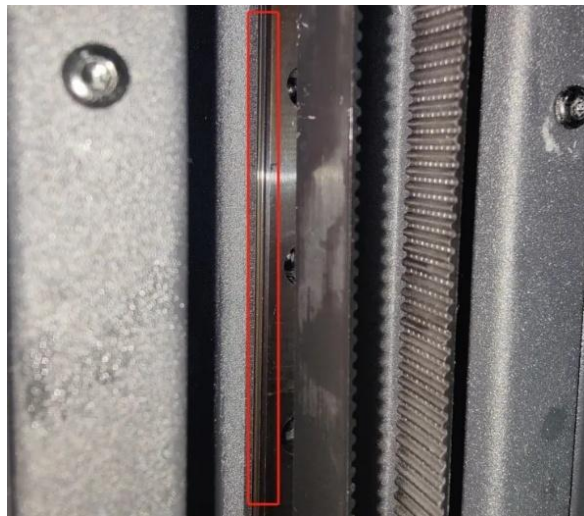


Fuente: Autores

3.3.3. Guía Lineal y polea

- **Causa:** Calibre del cable: Los tres calibres del cable deben lubricarse regularmente. Una lubricación adecuada garantiza un movimiento suave y prolonga la vida útil.
- **Polea:** Si los tornillos que fijan la polea están flojos, la calidad de impresión se verá afectada. Es necesario inspeccionarlos periódicamente.
- **Plazo de mantenimiento:** Se debe revisar una vez al mes y agregar grasa (se recomienda grasa PTFE).
- **Como mantener:** Calibrador de alambre: Aplique la grasa a ambos lados de la guía lineal. Deslice la polea hacia arriba y hacia abajo y repita el proceso varias veces para que la grasa se distribuya uniformemente en la guía.

Ilustración 32 Colocación de grasa en guías



Fuente: Autores

CAPITULO IV: ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Pruebas de Impresión

En este apartado, para asegurar la calidad de los resultados y cumplir con los objetivos específicos, se estableció que el modelo de prueba (hélice) comparta los siguientes parámetros.

La **tabla 3** detalla los parámetros definidos para cada equipo.

Ilustración 33 Hélice a imprimir con las impresoras de la carrera



Fuente: Autores

Tabla 3 Parámetros de impresión

Parámetros	FLSUN T1 PRO	Ender-3 V2 Neo	Anycubic Mono X 6K
Material	PETG	PETG	Resina fotosensible
Altura de capa	0,2mm	0,2mm	0,05mm
Temperatura	260°C / Cama 80 °C	240 °C /90	Ambiente
Relleno	70%	70%	Solido
Dimensiones (x, y, z)	(50;48,96;16,74) mm	(50;48,96;16,74) mm mm	(50;48,96;16,74) mm

Fuente: Autores

4.2. Presentación de resultados

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos en las pruebas cronometradas realizadas con las impresoras que cuenta la carrera de Ingeniería Marítima. En la **tabla 4** los datos corresponden al tiempo total de fabricación, utilizando como modelo una hélice naval a escala.

Tabla 4 Resultados de tiempos de manufactura (Hélice)

Impresoras	Tiempo estimado en el slicer	Tiempo real de Impresión	Post – Procesado (Retirar soportes)	Tiempo total
FLSUN T1 PRO	20min 58seg	22min	2min	24min
Ender-3 V2 Neo	1h 18min	N/A	2min	1h 20min
Anycubic Mono X 6K	1h 42min	1h 30min	25min entre lavado y secado	1h 55min

Fuente: Autores

4.3. Análisis de resultados

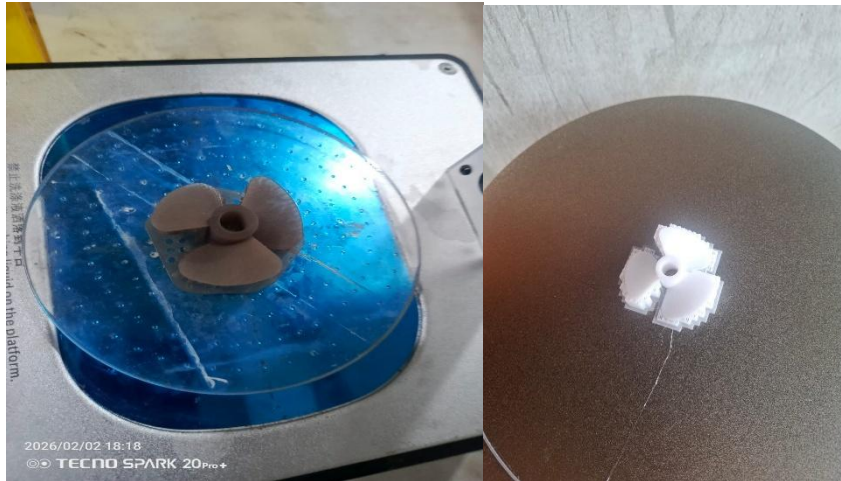
A continuación, la siguiente fórmula nos ayuda a calcular cuánto ha disminuido una cantidad con respecto a su valor original, expresándolas en porcentajes.

Ilustración 34 Formula de disminución porcentual

$$\text{Disminución \%} = \frac{\text{Valor Inicial} - \text{Valor Final}}{\text{Valor Inicial}} \times 100$$

Fuente: (Groover, 2007)

Ilustración 35 Pruebas de impresión en impresora de resina y FDM



Fuente: Autores

- Los resultados muestran una reducción de tiempo drástica, Flsun T1 pro realizó la impresión en 22min, consiguiendo una reducción del 70% con respecto a la creality Ender-3 V2 Neo y una reducción del 79,1% con Anycubic Photon Mono X 6k.
- Se observó que la impresora de resina demora más a pesar de esto se evidencio un mejor acabado superficial, libre de las líneas visibles de la tecnología FDM.

Recursos Materiales y Económicos

Los recursos materiales y los rubros económicos para invertir en el presente proyecto se detallan en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto.

N°	Descripción	Cantidad U	Valor unitario \$	Valor total \$
1	Paquete de accesorios de impresora 3D	1	700\$	700\$
2	Envío Internacional incluido IVA y desaduanización.		189.79\$	189.79\$
3	Filamento PETG	2	27.7\$	55.4\$
4	Impuesto al envío 4x4 (Aduana)	1	20\$	20\$
5	Filamento PETG relleno de fibra de carbono	1	44.5\$	44.5\$
6	Kit de herramientas de impresora 3D	1	25\$	25\$
7	Mesa pequeña	1	50\$	50\$
8	Bomba de vacío para bolsa de filamento	1	3.5\$	3.5\$
9	Bolsas de almacenamiento de filamento	1	10\$	10\$
			Total	\$1098.19

TOTAL: Mil noventa y ocho con diecinueve.

CONCLUSIONES

- Se implementó la impresora 3D delta que representa una herramienta didáctica estratégica para la carrera de Ingeniería marítima, ayuda a reducir significativamente los tiempos de entrega de prototipos funcionales, permitiendo realizar actividades académicas dentro del plazo establecido.
- Se logró determinar que la impresora seleccionada ha sido la opción más adecuada para su implementación en los talleres de la carrera con fines didácticos.
- La guía ofrece lo necesario para que el usuario pueda realizar sus actividades de manera adecuada, segura y eficiente.
- La Flsun t1 pro es ideal para realizar prototipados rápidos, mientras que la Anycubic Photon Mono X 6k destaca en impresiones que requieran mayor calidad visual.

RECOMENDACIONES

- Considerando las altas aceleraciones y velocidades que puede alcanzar la impresora, se recomienda un mantenimiento preventivo mensual. Dicho mantenimiento se debe centrarse en la lubricación de los rieles guía y rotulas utilizando grasas sintéticas de base PTFE (Politetrafluoroetileno).
- Se sugiere que la impresora cuando esté en funcionamiento se encuentre en una atmosfera controlada, manteniendo una temperatura entre 20° y 25°C, garantizando un espacio libre de polvo y evitando el sobrecalentamiento de la impresora.
- Se recomienda revisar de forma semestral las posibles actualizaciones que pueda tener el firmware de la placa controladora y del software del laminador (slicer) para garantizar la máxima eficiencia.
- Es recomendable almacenar los filamentos en contenedores herméticos con desecantes inmediatamente después de su uso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atienza y Climent. (2025, 24 febrero). ¿Qué es la estereolitografía y cómo revoluciona la impresión 3D? <https://atienzaycliment.com/novedades/que-es-la-estereolitografia-y-como-revoluciona-la-impresion-3d/>
- C, L., & C, L. (2025, 3 marzo). *El plástico PETG en la impresión 3D*. 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/el-plastico-petg-en-la-impresion-3d-181220192/#!>
- Impresión 3D en la construcción naval: revolucionando la fabricación marítima*. (s. f.). MarineLink. Recuperado 8 de mayo de 2025, de <https://www.marinelink.com/articulos/maritime/3d-printing-in-shipbuilding-revolutionizing-maritime-101644>
- Impresión 3D por estereolitografía (SLA): Visión general | Xometry Pro*. (2024, 5 enero). Xometry Pro. <https://xometry.pro/es/articulos/impresion-3d-sla-tecnologia/>
- Impresora 3D de cinturón: todo lo que necesitas saber*. (2025, 17 enero). All3DP. <https://all3dp.com/2/3d-printer-belt-all-you-need-to-know/>
- Impresoras 3D Delta. (s. f.). Filament2Print. <https://filament2print.com/es/blog/impresoras-3d-delta?slug=impresoras-3d-delta&module=smartblog#:~:text=Las%20impresoras%20de%20tipo%20delta,hacia%20arriba%20y%20hacia%20abajo.>
- Inyección aglutinante | Siemens Software. (s. f.). Siemens Digital Industries Software. <https://www.sw.siemens.com/es-ES/technology/binder-jetting/>
- Iñiguez, L. (2017). *Implementación de un algoritmo de conversión cartesiana y segmentación de vectores para impresoras 3D en configuración Delta* [Universidad CIATEQ]. <http://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1020/92>
- ISO 12100:2010. (s. f.). ISO. <https://www.iso.org/standard/51528.html>

- JuggerBot3D. (2024, 9 septiembre). *Polyethylene terephthalate (PET) Filament review*. JuggerBot 3D. https://juggerbot3d-com.translate.google.com/pet-filament-review/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- M, A., & M, A. (2025, 25 abril). *Guía completa: El TPU en la impresión 3D*. 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/guia-completa-tpu-040620202/#!>
- M, A., & M, A. (2025a, abril 17). *El PVA en la impresión 3D, ¿todo lo que debes saber sobre este filamento soluble!* 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/pva-impresion-3d-filamento-soluble-230520222/#!>
- McGarry, S. (2024, 11 julio). 3D Printing Basics: A Beginner's Guide - Fusion Blog. Fusion Blog. <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/beginners-guide-3d-printing-basics/>
- Qué es el ABS en la impresión 3D.* (s. f.). Mastoner. <https://www.mastoner.com/blog/filamento-abs-caracteristicas-material-3d/>
- Romero, J. (2023, 19 julio). *¿Qué es el PLA en impresión 3D y para qué se utiliza?* Sicnova. <https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/que-es-el-pla-en-impresion-3d-y-para-que-se-utiliza/>
- S, S. (2025, 3 enero). *Guía completa: Fusión láser por lecho de polvo (L-PBF), ¿te explicamos todo!* 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/sinterizado-directo-de-metal-por-laser-les-explicamos-todo/#!>
- Suárez, D. (2024). *Estudio de impresión 3D no planar en dos tipos de impresoras 3D: cartesiana y Delta: Estudio de impresión 3D no planar en impresora 3D Delta*. [Universidad Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26049>
- Systemes, D. (2022, 5 julio). *Impresión 3D*. Dassault Systemes. <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/3d-printing>

T1 Pro. (s. f.). Flsun3d. <https://flsun3d.com/pages/t1-pro>

Team, M. (2020, 18 julio). What Are The Four Types Of FDM 3D Printers? Cartesian, Delta, Polar & Scara | Manufactur3D. Manufactur3D Magazine. <https://manufactur3dmag.com/understanding-the-four-types-of-fdm-3d-printers-cartesian-delta-polar-scara/>

Tipos de impresoras 3D FDM: cartesianas, CoreXY y más. (2023, 8 julio). All3DP. <https://all3dp.com/2/cartesian-3d-printer-delta-scara-belt-corexy-polar/>

Tronxy. (s. f.). *Tronxy Moore 2 Pro Clay 3D Printer with Feeding System*. Tronxy. <https://www.tronxy3dprinter.com/es-ec/products/tronxy-moore-2-pro-ceramic-clay-3d-printer-255mm-255mm-260mm-with-feeding-system-electric-putter?variant=43692214878428>

Un. (2025, 11 febrero). *SLS 3D Printing Solutions - ZONGHEGN3D*. ZONGHEGN3D. https://www.zongheng3d.com/sls-3d-printing-solutions/?gad_source=1&gad_campaignid=21819539447&gbraid=0AAAAAodgWc9voNj8vxSX0tQzK9WM5sTRM&gclid=CjwKCAjw24vBBhABEiwANFG7y2_UI2yAmvCzecT7SeL7GVjLk0nr3u31yIn1W_LnD48vyYDCMXK79xoCCBAQAvD_BwE

What is FFF and FDM 3D printing? | Autodesk. (s. f.). <https://www.autodesk.com/solutions/fff-fdm-3d-printing-software>

Wveiker, L. (2022). *Rediseño de una impresora 3D de configuración Delta modelo DY para incrementar su rendimiento y la calidad de las piezas impresas* [Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/130360>

Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas*. 3ra Edición. McGraw-Hill Interamericana.

ANEXOS

Anexo A: Ensamble de Impresora 3D.



Anexo B: Piezas impresas por la impresora FLSUN T1 PRO.



Tiempo de impresión 7h con 34min



Tiempo de impresión 1h con 45min

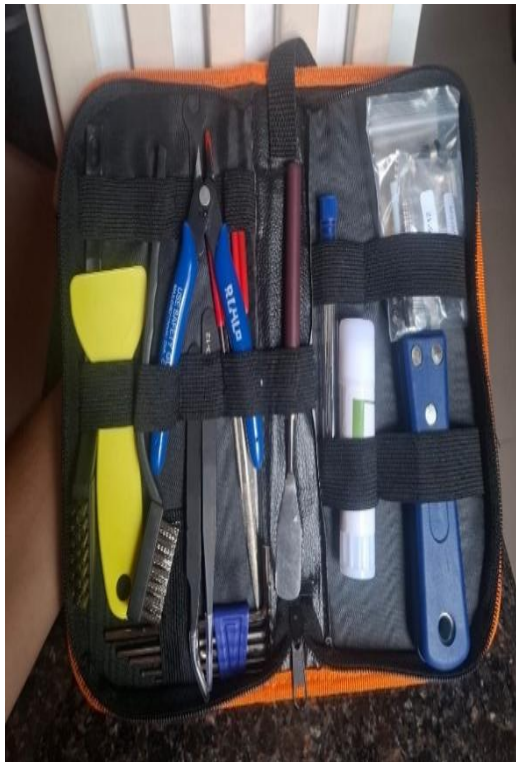


Tiempo de impresión 15min



Tiempo de impresión 10min

Anexo C: Accesorios que se dejaron para la impresora.



Kit de herramientas de impresión 3D



Bolsas para guardar filamento y bomba de vacío



Filamento PETG

Anexo D: Pruebas en impresora de resina



Retiro de Impresión



5 min de lavado de pieza en alcohol



20 min de secado