

**Determinación de la resistencia mecánica del PLA en impresiones 3D mediante ensayos de tracción**  
**Determination of the mechanical resistance of PLA in 3d prints through tensile tests**

Tnlgo. Arteaga Velez Jostin Wladimir; Tnlgo. Toala Angueta Brandon Iván; Ing. Cristhian José Ortiz Caaspa;

**Resumen**

La presente investigación es sobre la Determinación de la resistencia mecánica del PLA en impresiones 3D mediante ensayos de tracción. El objetivo de la investigación fue evaluar la resistencia mecánica del material, esto proporcionando información crucial sobre la capacidad de las piezas impresas para soportar fuerzas de tracción sin romperse. Al comprender y optimizar los parámetros de impresión, se busca mejorar la resistencia a la tracción del PLA, lo que es esencial para garantizar la viabilidad y durabilidad de los objetos impresos en 3D en diversas aplicaciones, desde prototipos industriales hasta piezas de consumo. Para llevar a cabo esta investigación se tomó en cuenta los siguientes parámetros. Selección del Material y Muestra, se elegirá PLA como material de estudio debido a su prevalencia en la impresión 3D. Se seleccionaron muestras representativas de objetos impresos en 3D utilizando PLA. Se construyó un modelo utilizando tecnología de modelado por deposición fundida (FDM) o impresión 3D, esta tecnología permite la impresión directa de modelos a partir de un archivo digital. las cuáles fueron estudiadas mediante los Ensayos de Tracción utilizando un equipo estándar, aplicando cargas graduales a las probetas y registrando datos como la fuerza aplicada y la deformación resultante. Las observaciones detalladas de las impresiones realizadas con PLA revelan resultados notables, destacando particularmente la resistencia excepcional de una probeta fabricada con este material en comparación con alternativas .El trabajo no solo se centra en detalles de los parámetros de modelado y los métodos empleados, sino que también arroja luz sobre la destacada calidad del PLA como material, respaldando esta afirmación con resultados concretos que evidencian la superioridad de una probeta elaborada con este polímero frente a otros materiales en el contexto de la impresión 3D.

**Palabras Clave:** Ensayos, Impresión 3D, PLA, calidad, Resistencia.

**Abstract**

The present research is about the Determination of the mechanical resistance of PLA in 3D prints through tensile tests. The objective of the research was to evaluate the mechanical strength of the material, providing crucial information on the ability of printed parts to withstand tensile forces without breaking. By understanding and optimizing printing parameters, we seek to improve the tensile strength of PLA, which is essential to ensure the viability and durability of 3D printed objects in various applications, from industrial prototypes to consumer parts. To carry out this research, the following parameters were taken into account. Material and Sample Selection, PLA will be chosen as the study material due to its prevalence in 3D printing. Representative samples of 3D printed objects using PLA were selected. A model was built using fused deposition modeling (FDM) or 3D printing technology, this technology allows direct printing of models from a digital file. which were studied through Tensile Tests using standard equipment, applying gradual loads to the specimens and recording data such as the applied force and the resulting deformation. Detailed observations of prints made with PLA reveal remarkable results, particularly highlighting the exceptional strength of a specimen made with this material compared to alternatives. The work not only focuses on details of the modeling parameters and the methods used, but It also sheds light on the outstanding quality of PLA as a material, supporting this statement with concrete results that demonstrate the superiority of a test tube made with this polymer over other materials in the context of 3D printing.

Tests, 3D printing, PLA, quality, Resistance.

**Keywords:** Testing, 3D printing, PLA, quality, Resistance.

**CONFLUENCIA DE INNOVACIONES CIENTÍFICAS**  
**Enero - junio, V°5-N°1; 2024**

- ✓ **Recibido:** 14/02/2024
- ✓ **Aceptado:** 20/02/2024
- ✓ **Publicado:** 30/06/2024

**PAIS**

- Santo Domingo-Ecuador
- Santo Domingo-Ecuador
- Santo Domingo-Ecuador

**INSTITUCIÓN**

- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

**CORREO:**

- ✉ [wladi500yt@gmail.com](mailto:wladi500yt@gmail.com)
- ✉ [toalabrandon36@gmail.com](mailto:toalabrandon36@gmail.com)
- ✉ [ortizjose@gmail.com](mailto:ortizjose@gmail.com)

**ORCID:**

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0000-2341-7173>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-2108-8045>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0009-4239-227X>

**FORMATO DE CITA APA.**

Arteaga, J. Toala, B. Ortiz, C. (2024). *Determinación de la resistencia mecánica del PLA en impresiones 3D mediante ensayos de tracción*. Revista G-ner@ndo, V°5 (N°1), 288 – 306.

## Introducción

La determinación de la resistencia mecánica del ácido poliláctico (PLA) en impresiones 3D es un área crucial de investigación en el campo de la fabricación aditiva. La creciente popularidad de las impresiones 3D ha destacado la necesidad de comprender en profundidad las propiedades mecánicas de los materiales utilizados, y el PLA es uno de los polímeros más comunes en esta aplicación. La literatura existente revela una variedad de enfoques para evaluar la resistencia mecánica, siendo los ensayos de tracción una técnica fundamental. Investigaciones previas han abordado aspectos como la influencia de parámetros de impresión en la resistencia del PLA, la comparación con otros materiales y las técnicas de mejora de propiedades mediante aditivos. Estos antecedentes subrayan la importancia de esta investigación para avanzar en la comprensión y optimización de las propiedades mecánicas del PLA en el contexto específico de la impresión 3D.

El PLA, un polímero biodegradable y derivado de recursos renovables como el almidón de maíz, ha ganado popularidad en la impresión 3D debido a su naturaleza sostenible y versatilidad. Sin embargo, comprender a fondo su comportamiento mecánico es esencial para garantizar su aplicación efectiva en diversos campos. La resistencia mecánica de un material es una propiedad fundamental que afecta directamente su rendimiento en aplicaciones prácticas. En el contexto de la impresión 3D, donde la creación de objetos tridimensionales se realiza capa por capa, la resistencia del PLA se convierte en un factor crítico. Los ensayos de tracción se erigen como una herramienta primordial para evaluar esta propiedad, ya que proporcionan información detallada sobre la capacidad del material para soportar cargas y tensiones. El PLA se ha consolidado como una opción preferida debido a su biodegradabilidad y fácil procesamiento. No obstante, se subraya la necesidad de comprender mejor sus propiedades mecánicas para optimizar su uso, la determinación de la resistencia mecánica del PLA en impresiones 3D mediante ensayos de tracción emerge como una contribución valiosa para mejorar la comprensión de este material en el contexto de la fabricación aditiva. Este estudio

---

proporciona información esencial para ingenieros, diseñadores y fabricantes que buscan optimizar el rendimiento del PLA en diversas aplicaciones, desde prototipos hasta productos finales.

En la actualidad, la impresión 3D ha experimentado un crecimiento significativo y se ha diversificado en diversas industrias. Se utiliza en la fabricación de piezas personalizadas, prototipos, dispositivos médicos, calzado, alimentos e incluso construcción de viviendas.

La tecnología ha avanzado, permitiendo la impresión con una variedad de materiales, desde plásticos hasta metales y cerámicas. La impresión 3D denominado también prototipado o fabricación aditiva, es una técnica de fabricación de objetos capa a capa aplicando planificación tridimensional con programas informáticos y técnicas de depósito de materiales. (Dipaola, 2020)

Ofrece ventajas notables, como la capacidad de crear diseños complejos y personalizados, la rápida iteración en prototipos, la optimización de la eficiencia en la fabricación al eliminar procesos tradicionales y la posibilidad de producir piezas ligeras y estructuras internas complejas. Además, facilita la fabricación descentralizada, reduciendo costos logísticos y permitiendo una mayor autonomía en la producción. Este enfoque innovador transforma la manera en que se abordan los desafíos de diseño y fabricación en diversas industrias

La impresión 3D ofrece la construcción de varios prototipos previamente diseñados en un programa CAD y utiliza material como ABS, PLA que ofrecen buenas características. Los procesos de impresión 3D permiten a los diseñadores personalizar lo que desean imprimir, ya que la personalización con la impresión 3D completamente ilimitada, con esta ayuda es fácil satisfacer los diferentes prototipos o productos. (Babson, 2019). Por lo tanto durante el estudio se observara la determinación de la resistencia mecánica del PLA en impresiones 3D mediante ensayos de tracción esto implica la aplicación de fuerza gradual para medir su capacidad de resistir tensiones, factores como la orientación de la impresión, la densidad del relleno y la temperatura de impresión pueden influir en los resultados se realizara pruebas en diferentes

---

configuraciones que puede influenciar sobre las propiedades mecánicas del PLA en escenarios específicos.

La investigación propuesta tiene como objetivo la determinación de la resistencia mecánica del ácido poliláctico (PLA) utilizado en impresiones 3D mediante ensayos de tracción. En el contexto actual de creciente adopción de la impresión 3D en diversas industrias, la calidad y durabilidad de los productos impresos son aspectos cruciales. La resistencia mecánica del PLA, siendo un material ampliamente empleado en este proceso, desempeña un papel fundamental en la integridad de los productos finales. A pesar de la expansión de la impresión 3D, se observa una carencia significativa de investigaciones detalladas sobre las propiedades mecánicas específicas del PLA. Esta brecha en el conocimiento crea la necesidad de abordar y comprender a fondo la resistencia mecánica de este polímero en el contexto de la impresión 3D.

La tecnología de impresión 3D ha experimentado un crecimiento significativo y se ha convertido en una herramienta versátil con aplicaciones diversas en la actualidad. En el ámbito industrial, la impresión 3D se utiliza para la fabricación de prototipos rápidos, piezas personalizadas y componentes complejos. Este enfoque permite una rápida iteración en el diseño y la producción eficiente de piezas a medida, la relevancia de este estudio radica en su capacidad para mejorar la calidad y aplicaciones de los productos impresos en 3D, así como para proporcionar datos valiosos que respalden la toma de decisiones informadas en el diseño y fabricación. La impresión 3D ha trascendido sus orígenes como una herramienta de prototipado rápido para convertirse en una fuerza transformadora en una amplia gama de sectores, desde la medicina hasta la moda y la educación. Su capacidad para personalizar, optimizar y acelerar procesos ha consolidado su posición como una tecnología crucial en la era moderna.

Es impresionante el uso de la tecnología 3D ya que estas nos ofrecen la capacidad de realizar diseños personalizados a la hora de construir modelos las formas complejas utilizadas serían bastante difíciles de obtener en otros procesos, la tecnología de construcción multinivel permite la creación de prototipos de alta precisión. En el sector educativo, la impresión 3D se ha

---

convertido en una herramienta invaluable para la enseñanza, permite a estudiantes visualizar conceptos abstractos, crear prototipos y participar activamente en proyectos prácticos. Esta tecnología fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas, preparando a las nuevas generaciones para enfrentar desafíos tecnológicos en el futuro. Al cerrar esta brecha de conocimiento, se contribuirá significativamente al avance y optimización de la tecnología de impresión 3D, beneficiando tanto a la investigación académica como a la aplicación industrial de este innovador método de fabricación.

### **Método y materiales**

La elección de este enfoque se justifica por la necesidad de obtener datos numéricos precisos sobre las propiedades mecánicas del PLA. A través de ensayos de tracción, se buscará cuantificar la resistencia del material en el contexto específico de las impresiones 3D. Este enfoque permitirá un análisis riguroso y objetivo de la resistencia mecánica del PLA, contribuyendo así a la comprensión y mejora de su rendimiento en aplicaciones de impresión 3D. Alcances de la Investigación descriptivo, esta investigación se centra en analizar a fondo la resistencia mecánica del ácido poliláctico (PLA) en impresiones 3D mediante ensayos de tracción. Incluye una revisión bibliográfica exhaustiva, la selección de muestras representativas, el diseño y ejecución de ensayos, y el análisis estadístico de resultados. Se compararán los datos con estándares industriales, y se explorarán posibles mejoras en los parámetros de impresión 3D. El objetivo es proporcionar una comprensión completa de las propiedades mecánicas del PLA, contribuyendo al conocimiento práctico para la optimización de su resistencia en aplicaciones de impresión 3D.

El diseño experimental este estudio utilizará un diseño experimental para determinar la resistencia mecánica del ácido poliláctico (PLA) en impresión 3D mediante pruebas de tracción.

---

Se identificarán y abordarán varias variables independientes relacionadas con los parámetros de impresión 3D, como la temperatura de extrusión, la velocidad de impresión y la densidad de las capas. Estas variables serán cuidadosamente controladas y ajustadas para evaluar sus efectos sobre la principal variable dependiente: la resistencia mecánica del PLA.

La realización de una prueba de tracción proporcionará datos de referencia cuantitativos que permitirán comparar los resultados en diferentes condiciones de impresión. Este enfoque experimental no solo proporcionará información sobre las relaciones causales entre los parámetros de impresión y la resistencia del PLA, sino que también establecerá pautas importantes para optimizar la calidad de la resistencia mecánica de la impresión 3D.

### **Análisis de resultados**

**Preparación del modelo:** Se diseñó el modelo de las probetas en el programa SolidWorks tomando las medidas según la norma ISO 527-1 e ISO 527-2

**Configuración del software y parámetros:** "Cura" este programa desempeña un papel crucial en el proceso de impresión, permitiéndome optimizar parámetros clave como la velocidad de impresión, la temperatura y la densidad de relleno.

**Selección de un material:** Se investigaron diferentes tipos de materiales, destacando el polímero PLA como la elección central. Examinando a fondo las propiedades distintivas y las ventajas inherentes del PLA como material de impresión, explorando su aplicabilidad en diversos proyectos y evaluando cómo influye en la calidad de las impresiones tridimensionales.

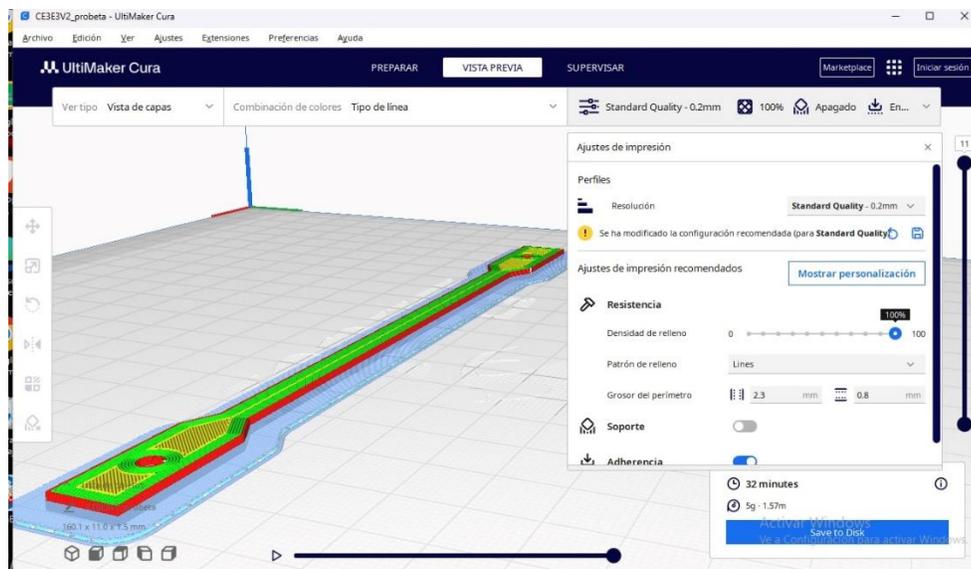
---

**Ponderación de datos:** Luego de la selección del material se evaluó lo siguiente el cálculo de la elongación que sufren las probetas al ser sometidas al ensayo de tracción, así como las propiedades del PLA, sus diferentes usos y aplicaciones.

**Publicación y resultado:** Se realizaron pruebas y mediciones para evaluar la eficiencia y calidad de cada probeta al ser sometidas al ensayo de tracción. Además, se llevó a cabo un análisis para evaluar los costos, beneficios económicos y ambientales asociados con la implementación de esta nueva tecnología.

**Parámetros de modelado:** En el estudio experimental, se realizaron ajustes específicos en los parámetros de modelado durante la impresión 3D de las probetas. La variación de factores como la densidad de relleno y la velocidad de impresión permitió observar directamente su impacto en la calidad y resistencia de los resultados. Este enfoque preciso en la configuración de parámetros proporcionó valiosa información sobre cómo optimizar la fabricación aditiva para obtener propiedades deseadas en las piezas impresas.

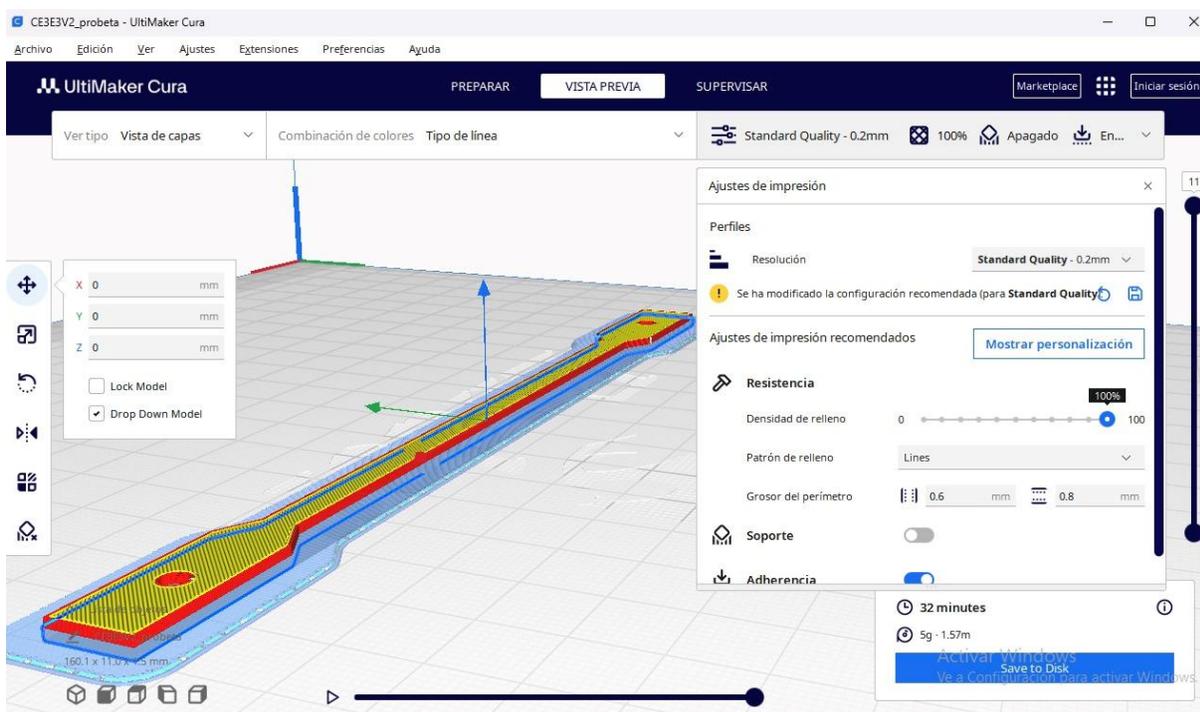
**Figura 1.** Modelado en una probeta impresas longitudinalmente



*Fuente:* Elaborado por autores

En el proceso de modelado de una probeta impresa longitudinalmente, se busca optimizar la resistencia a la tensión al considerar cuidadosamente la disposición de las capas. Aunque esta configuración puede mejorar la robustez, es esencial atender posibles defectos que puedan surgir en la interfaz entre capas durante la impresión.

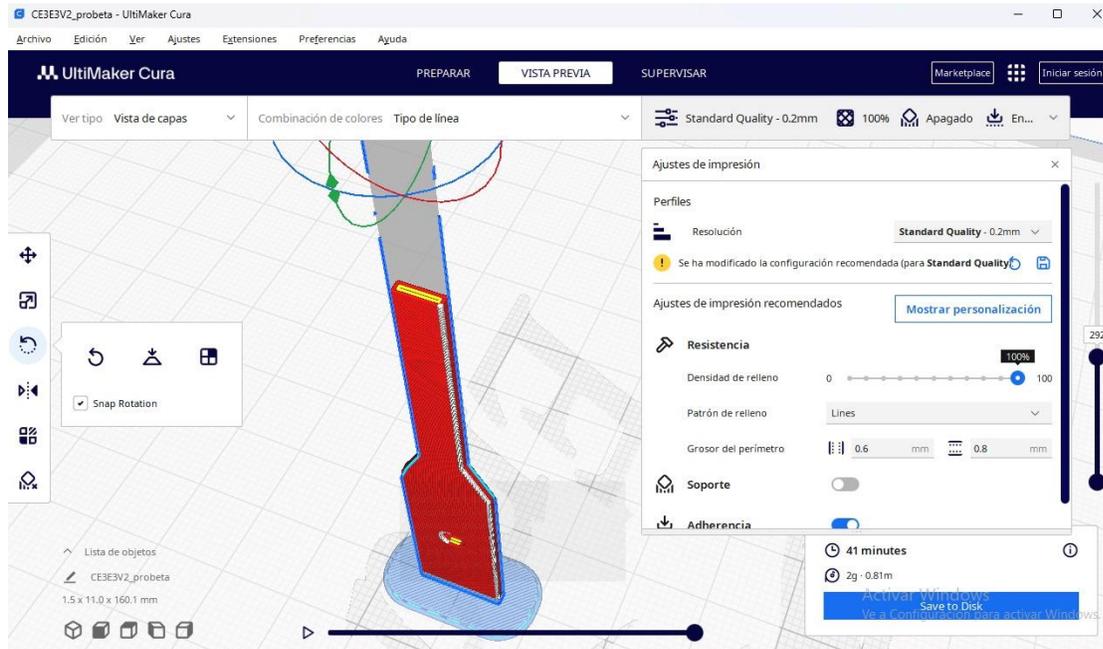
**Figura2.** Modelado de una probeta impresa transversalmente



*Fuente:* Elaborado por autores

Durante el modelado de una probeta impresa transversalmente, se persigue perfeccionar la resistencia a la tensión mediante una cuidadosa disposición de las capas. Aunque esta configuración puede potenciar la robustez, es esencial abordar posibles defectos en la interfaz entre capas durante la impresión, asegurando una conexión óptima para preservar la integridad estructural del objeto final.

**Figura 3.** Modelado en una probeta impresa Horizontalmente



**Fuente:** Elaborado por autores

En el proceso de diseñar una probeta impresa en posición horizontal, el objetivo es mejorar la resistencia a la tensión mediante una cuidadosa disposición de las capas. Esta configuración, al fortalecer la robustez, es fundamental para atender posibles imperfecciones en la interfaz entre capas durante la impresión. Garantizar una conexión sólida se vuelve esencial para preservar la integridad estructural de la pieza final.

**Ensayo a tracción:** Se realizó este ensayo aplicando fuerza axial gradualmente a la probeta hasta que se rompa. Los resultados ofrecen información crucial sobre las propiedades mecánicas del PLA, como la resistencia a la tracción y la elongación antes de la rotura. Este proceso es esencial para entender el rendimiento del PLA en aplicaciones donde la fuerza y la resistencia son críticas, como la impresión 3D y productos biodegradables.

**Figura 4.** *Maquina didáctica para ensayo a tracción*



**Fuente:** Elaborado por Autores

**Figura 5 .** *Ensayo en una probeta impresa longitudinal.*



**Fuente:** Elaborado por Autores

Se realizó la primera prueba en una probeta impresa longitudinal, cuyas medidas estándares son 16cm de largo y 1.5cm de ancho, al momento de aplicar la fuerza y al ser sometida la probeta a tracción.

**Figura 6.** Determinación de la elongación



**Fuente:** Elaborado por autores

se llega a la rotura, lo que nos permite el cálculo de la elongación que nos da un valor de 16,20cm.

**Figura 7.** Determinación de la fuerza aplicada en libras



**Fuente:** Elaborado por autores

se aplicó una cantidad específica de fuerza de 7, medida en libras, para lograr el objetivo deseado. Esta medida de fuerza es esencial para evaluar el impacto, la resistencia o cualquier cambio en el estado del objeto.

**Figura 8.** *Ensayo en una Probeta Impresa horizontal.*



*Fuente:* Elaborado por autores

Se realizó la segunda prueba en una probeta impresa horizontalmente, cuyas medidas son 16cm de largo y 1.5cm de ancho.

**Figura 9.** *Determinación de la elongación*



*Fuente:* Elaborado por autores

se aplicó la fuerza gradualmente hasta llegar a la rotura alcanzando valores de elongación de 16cm a 16.10cm.

**Figura 10.** Determinación de la fuerza aplicada en libras



*Fuente:* Elaborado por autores

Se aplicó una fuerza de 4,5 libras la cual fue suficiente para llegar a la rotura de esta probeta.

**Figura 11.** Ensayo en una probeta impresa transversalmente



*Fuente:* Elaborado por Autores

Se realizó la última prueba en una probeta impresa transversalmente, cuyas medidas estándares son 16cm de largo y 1.5cm de ancho.

**Figura 12.** Determinación de la elongación



*Fuente:* Elaborado por autores

Al aplicar la fuerza pudimos observar una elongación de la probeta al ser traccionada de 16cm a 16.40cm.

**Figura 13.** Determinación de la fuerza aplicada en libras



*Fuente:* Autores

Se aplicó una fuerza de 8,1 libras la cual fue suficiente para llegar a la rotura de esta última probeta.

**Tabla 1** :*Comparación de datos en el Ensayo a tracción.*

Probetas	Impresión	Medidas		Fuerza	Fuerza	Elongación
		Estándares	Elongación	aplicada en libras	Aplicada en Kilogramos	Máxima
1	Longitudinal	16cm	0,20cm	7 lbf	3,175 Kgf	16,20cm
2	Horizontal	16cm	0,10cm	4,5 lbf	2,04117 Kgf	16,10cm
3	Transversal	16cm	0,40cm	8,1 lbf	3,6741 Kgf	16,40cm

*Fuente:* Elaborado por autores

Los resultados obtenidos de los ensayos de tracción indican que una de las tres probetas tiene mejor resistencia a la tracción. Se observó que la probeta uno.

**Impresión longitudinal:** Mantuvo un aguante muy favorable a lo esperado, ya que la impresión está realizada en un eje contrario al del ensayo, existiendo así un esfuerzo en el material el cual evita que se rompa fácilmente.

**Impresión horizontal:** Resistió muy poco, esto debido a que la impresión se realiza en un eje en concordancia con la del ensayo, produciendo esto que no exista un esfuerzo óptimo de aguante en el material, fraccionándose casi al instante.

**Impresión Transversal:** tuvo el mejor resultado de las probetas, ya que este tipo de impresión proporciona una mayor solides a la pieza siendo esta las más completa, en el cual se combinado los ejes X, Y.

Se destacan las notables ventajas del PLA en el contexto de la impresión 3D. La biodegradabilidad inherente del PLA no solo ofrece una opción respetuosa con el medio ambiente, sino que también promueve la sostenibilidad en comparación con otros materiales

plásticos. Además, se subraya el impacto positivo en la calidad de impresión, resaltando la nitidez y precisión de los modelos obtenidos. Aunque se evidenciaron desafíos, como la sensibilidad a la temperatura y la velocidad de impresión, la identificación de estos factores proporciona oportunidades claras para mejoras y optimización de los procesos. En última instancia, esta investigación no solo contribuye al conocimiento sobre las propiedades físicas del PLA, sino que también señala su potencial aplicabilidad en diversas áreas, desde la manufactura personalizada hasta la producción de prototipos eficientes.

Para maximizar el rendimiento en la impresión 3D con PLA, se puede considerar la optimización de parámetros clave del proceso. Ajustes como la temperatura del extrusor, la velocidad de impresión y la resolución de capa desempeñan un papel crucial en la calidad final del objeto impreso. La eficacia de estas impresiones dependerá de factores específicos, tales como el diseño del modelo, la adhesión de capas y la capacidad de enfriamiento. Asimismo, la elección de diferentes marcas y tipos de filamentos PLA puede influir en la resistencia y flexibilidad del producto final. No obstante, la variabilidad en los resultados también se ve influida por la tecnología de la impresora y su calibración precisa. Este análisis detallado destaca la complejidad de la impresión 3D con PLA, enfocándose en la importancia de la configuración precisa y la selección cuidadosa de parámetros para obtener resultados óptimos.

---

## Conclusiones

Según los resultados luego de realizar varios ensayos experimentales en muestras de probetas podemos concluir que la deformación bajo tracción dependerá del nivel de la fuerza a la que sea sometida, las características materiales del objeto en cuestión y la forma en la cuales sean impresas las probetas.

La Investigación sobre los materiales que se usan en impresiones 3D nos lleva a la elección del PLA como material para impresión 3D, se justifica por su versatilidad, sostenibilidad y facilidad de uso. Su origen renovable, biodegradabilidad y amplia disponibilidad en el mercado de Santo Domingo hacen que el PLA sea una opción adecuada para satisfacer las necesidades de impresión 3D, alineándose con criterios ambientales y de eficiencia en la producción.

Se establecieron los parámetros de modelado para las probetas de PLA durante el proceso de impresión 3D se presenta como un elemento esencial en nuestra investigación. Ajustar con precisión aspectos como la temperatura del extrusor, la velocidad de impresión y la densidad de relleno no solo asegura la reproducibilidad de los resultados, sino que también ejerce una influencia significativa en las propiedades finales de las probetas. Este enfoque detallado en la configuración de parámetros de modelado respalda sólidamente las conclusiones de nuestra tesis, proporcionando una base robusta para la exploración del PLA en el contexto de la impresión 3D.

La necesidad de identificar el mecanismo ideal para llevar a cabo el ensayo a tracción en probetas de PLA nos conlleva a construir una pequeña máquina didáctica que nos sirvió para el proceso, seleccionando con atención los parámetros operativos, tales como condiciones de carga y velocidades de prueba. Este enfoque detallado no solo aseguró la precisión de los resultados, sino que también proporcionó una base sólida para analizar las propiedades mecánicas del PLA bajo tensiones, respaldando de manera significativa las conclusiones de la tesis.

---

Este estudio proporciona datos fundamentales para promover la adopción de tecnologías de impresión 3D con PLA en entornos productivos. Al fomentar esta práctica, contribuimos al avance hacia procesos de fabricación más sostenibles, reduciendo la dependencia de materiales no biodegradables. Esta investigación respalda la transición hacia una fabricación más eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

### Referencia bibliografía

- Adidas, W. (2018). *Como hacer dinero con la impresion 3D*. Chicago: Adidas Wilson, Chicago,2018.
- Babson, B. (2019). *Impresion 3D , diseños materiales, consejos, aplicaciones* . España: Hiddenstuff Entertainment.
- Bordignon, F. &. (2018). *Diseño e impresion de objetos 3D* . Buenos Aires: Universitaria.
- Camacho, A., & Ferrandiz, S. (2023). *Fabricacion Aditiva*. Madrid: UNED.
- Camacho, M. (2023). *Fabricacion Adiativa* . Madrid: UNED.
- Cruz, D. (2019). *Impresion 3D para Makers*. Cuenca : MARCOMBO.
- Cruz, D. (2019). *Impresion 3D para Makers*. MARCOMBO.
- Dipaola, M. (2020). *Impresion 3D en cirujia ortopedica* . España : Elsevier,Barcelona.
- Gamarra, A., & Parraguez, L. (2019). *Universidad Señor de Sipan*.
- Jimenez, F. (2018). *Impresión 3D como herramienta didáctica para la enseñanza de algunos conceptos de ingeniería y diseño*.
- Johannes, W. (2021). *Solucion de Problemas de impresiones 3D*. Quito: Publishdrive Incorporated.
- Jorquera, A. (2017). *Introduccion al Modelo e impresion 3D*. Madrid: Ministerio de Educación de España.
- Lamikiz, A. (2023). *Fabricacion Adiativa* . UNED.
- Liesa, F., & Bilurbina, L. (1990). *Adhesivos Industriales* . Barcelona: MARCOMBO.
- Macas, C. &. (26 de Enero de 2016). *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4676/1/85T00388.pdf#page=98&zoom=100,129,746>
- Zahera, M. (13 de julio de 2012). *LA FABRICACIÓN ADITIVA, TECNOLOGÍA AVANZADA PARA EL DISEÑO Y FABRICACION DE PRODUCTOS*. Obtenido de [http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1283/CIIP12\\_2088\\_2098.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1283/CIIP12_2088_2098.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
-