



Powered by  
Arizona State University

# INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en  
Mecánica Automotriz**

**Autor:** Henry Javier Alzamora Aráuz

**Tutor:** Ing. Werhner Téllez Gómez

**Impresión 3D de Autopartes de Vehículos con Aplicación de  
Proceso de Fundición de Hilo de Ácido Poliláctico (PLA)**



**Certificado de Autoría**

Yo, Henry Javier Alzamora Aráuz, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Henry Javier Alzamora Aráuz

C.I. 0950097311

### **Aprobación del Tutor**

Que el trabajo titulado Impresión 3D de autopartes de vehículos con aplicación de proceso de fundición de hilo de ácido poliláctico (PLA). Realizado por el estudiante: Henry Javier Alzamora Araúz, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por La Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes. Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Se autoriza al señor Henry Javier Alzamora Araúz, que lo entregue a biblioteca de la Escuela, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográfico.

---

Ing. Wernher Téllez Gómez MsC

Director de Proyecto

### **Dedicatoria**

A mis queridos padres Dr. Héctor Alzamora Alvarado y Dra. Janett Araúz Jaramillo,  
por ser el pilar y apoyo incondicional a todos mis ideales y proyectos.

A mis inolvidables abuelitos Felipe y Enriqueta que desde el cielo con su inmenso  
amor guían mi camino.

A mis hermanos Héctor y Cristina que son ejemplo para mi superación académica.

Henry Javier Alzamora Araúz.

## **Agradecimiento**

Primeramente, a Dios quien siempre con su amor y generosidad infinitas guía, bendice e ilumina mi existir, ayudándome a vencer cualquier dificultad que se hubiere presentado a lo largo de mi formación académica.

A mis padres, hermanos y familiares que me han brindado su apoyo de distintas maneras, ayudando a superar cualquier inconveniente para realizar el presente trabajo de investigación.

A cada uno de los docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE, por las enseñanzas que me impartieron, especialmente al Ingeniero Wernher Téllez Gómez MsC, tutor de este estudio y a todo el personal de la institución que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este proyecto de investigación.

Muchas gracias.

## Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xiv
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
Capítulo I.....	1
Marco Referencial.....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Formulación del Problema.....	2
1.3 Sistematización del Problema.....	2
1.4 Objetivos de la Investigación.....	2
<i>1.4.1 Objetivo General.....</i>	<i>2</i>
<i>1.4.2 Objetivos Específicos.....</i>	<i>3</i>
1.5 Justificación de Delimitación de la Investigación.....	3
<i>1.5.1 Justificación de la Investigación.....</i>	<i>3</i>
<i>1.5.2 Delimitación de la Investigación.....</i>	<i>4</i>
Capítulo II.....	6
Marco Referencial.....	6

2.1 Antecedentes .....	6
2.2 Marco Conceptual .....	8
2.2.1 <i>Impresión 3D</i> .....	8
2.2.2 <i>Técnicas de Impresión 3D</i> .....	10
2.2.3 <i>Funcionamiento de la Impresión 3D</i> .....	11
2.2.4 <i>Clasificación de Impresoras 3D</i> .....	12
2.2.5 <i>Materiales Empleados para la Impresión 3D</i> .....	14
2.2.6 <i>Tipos de Impresión</i> .....	17
2.2.7 <i>Ventajas de la Impresión 3D de Autopartes</i> .....	18
2.2.8 <i>Utilidad de la Impresión 3D</i> .....	20
2.3 Marco Teórico.....	20
2.3.1 <i>Funcionamiento de la Impresión 3D con Aplicación de Proceso de Fundición de Hilo PLA</i> .....	20
2.3.2 <i>Clasificación de Impresoras 3D con Aplicación de Proceso de Fundición de Filamento PLA</i> .....	22
2.3.3 <i>Aplicación de Proceso de Fundición de Hilo de PLA para Impresiones en 3D de Autopartes de Vehículos</i> .....	23
2.3.4 <i>Ventajas de la Impresión de Autopartes con Modelado 3D con Fundición de Hilo PLA</i> .....	23
Capítulo III.....	25
Marco Metodológico.....	25
3.1 Tipo de Investigación.....	25
3.2 Diseño Metodológico.....	25
3.3 Material que se Utiliza en la Impresión de la Autoparte .....	28



3.4 Proceso de Impresión 3D de la Autoparte de Vehículo.....	29
3.4.1 <i>Diseño y Modelado de Autoparte</i> .....	29
3.4.2 <i>Conversión de Archivo CAD</i> .....	32
3.4.3 <i>Ajustes de Impresión</i> .....	33
3.4.4 <i>Instalación del Material</i> .....	34
3.4.5 <i>Inicio de la Impresión</i> .....	34
3.4.6 <i>Remoción de la Autoparte</i> .....	35
3.4.7 <i>Acabado Final</i> .....	36
3.5 Técnica de Análisis de Datos .....	37
3.5.1 <i>Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas</i> .....	37
3.5.2 <i>Instrumento de Recolección de Datos</i> .....	37
Capítulo IV.....	38
Análisis e Interpretación de Resultados .....	38
4.1 Simulación Real .....	38
4.1.1 <i>Prueba de Cambios Térmicos al Medio Ambiente</i> .....	38
4.1.2 <i>Prueba Real en Ruta</i> .....	39
4.2 Simulación en Software .....	41
4.2.1 <i>Análisis de Tensión</i> .....	42
4.2.2 <i>Análisis Térmico</i> .....	44
4.3 Resultados Obtenidos.....	49
Conclusiones .....	50
Recomendaciones .....	51
Referencias.....	52
Glosario.....	56

Anexos .....57

## Índice de Figuras

Figura 1 Equipo de Impresión FDM.....	12
Figura 2 Equipo de Impresión SLS.....	13
Figura 3 Ciclo de Vida PLA .....	15
Figura 4 Aplicación ABS.....	15
Figura 5 Aplicación Nylon.....	16
Figura 6 Equipo del Proceso Polyjet.....	18
Figura 7 Aplicación para el Sector Automotriz .....	19
Figura 8 Impresora Creality CR 10 Smart .....	25
Figura 9 Extrusor de la Impresora .....	26
Figura 10 Fusor.....	26
Figura 11 Cable de Poder.....	27
Figura 12 Cable de Datos.....	27
Figura 13 Pantalla de la Impresora Creality CR 10 Smart.....	28
Figura 14 Rollos de Material de PLA de Diferentes Colores .....	28
Figura 15 Plano del Diseño de la Cara Superior de la Tapa .....	29
Figura 16 Plano del Diseño de la Cara Frontal .....	30
Figura 17 Plano del Diseño Frontal de la Tapa con Medidas .....	30
Figura 18 Diseño en SolidWorks de Cara Inferior .....	31
Figura 19 Diseño de Cara Lateral .....	31
Figura 20 Diseño de Cara Frontal.....	32
Figura 21 Se Carga el Archivo STL al Software de Laminado .....	32
Figura 22 Ajuste de Temperatura .....	33
Figura 23 Preparación de la Cama de la Impresora .....	33
Figura 24 Rollo de Material de PLA.....	34

Figura 25 Inicio de la Impresión de la Autoparte .....	34
Figura 26 Fusión y Materialización .....	35
Figura 27 Remoción de la Pieza Terminada .....	35
Figura 28 Cara Inferior .....	36
Figura 29 Cara Superior.....	36
Figura 30 Temperatura Ambiental a las 12 AM (18-12-2022).....	38
Figura 31 Temperatura del Líquido de Freno a las 12 AM .....	38
Figura 32 Autoparte no Presenta Cambios .....	39
Figura 33 Temperatura del Motor Iniciando Ruta .....	39
Figura 34 Temperatura Máxima del Motor al Terminar la Ruta .....	40
Figura 35 Temperatura del Líquido del Embrague al Terminar el Recorrido .....	40
Figura 36 Autoparte Luego de la Prueba en Ruta.....	40
Figura 37 Datos Mecánicos y Térmicos del PLA Ingresados para la Simulación.....	41
Figura 38 Características Físicas de la Autoparte.....	41
Figura 39 Creando la Malla para Realizar el Análisis .....	42
Figura 40 Distribución de la Fuerza en la Pieza .....	42
Figura 41 Deformaciones en Zonas Críticas.....	43
Figura 42 Aplicación de Fuerza por Encima del Límite Elástico .....	43
Figura 43 Deformación Considerable que Afecta la Geometría Final de la Tapa.....	44
Figura 44 <i>Aplicación de Temperatura de 80 °C</i> .....	44
Figura 45 Deformación de las Zonas Críticas de 1mm.....	45
Figura 46 Cara Lateral de Pieza Modificada .....	45
Figura 47 Cara Frontal .....	46
Figura 48 Pieza Modificada .....	46
Figura 49 Mejor Distribución de Fuerza Aplicada .....	47

Figura 50 Deformación de Zona Crítica .....	47
Figura 51 Deformación de la Zona de Acople al Reservorio del Cilindro .....	48
Figura 52 Reubicación de Zona Crítica .....	48
Figura 53 Menor Deformación en la Zona de Acople .....	49

**Índice de Tablas**

Tabla 1 <i>Materiales para la Impresión 3D</i> .....	10
--	----

## Resumen

La impresión 3D forma parte de la revolución industrial que se está llevando a cabo en los últimos años dentro de los procesos de producción en el sector automotriz. Adquirir autopartes de vehículos en la ciudad de Guayaquil en ocasiones resulta complicado, ya sea porque el fabricante ha dejado de manufacturarlas o por el alto costo de estas y el importarlas toma su tiempo. En el presente trabajo de titulación, se evidencia que la impresión 3D de autopartes de vehículos con aplicación de proceso de fundición de hilo de ácido poliláctico es una alternativa para elaborar piezas de automóviles poco complejas a bajo costo y en menor tiempo. Para realizar este estudio se utiliza una impresora 3D FDM Creality CR 10 Smart, se elabora la tapa del reservorio del cilindro de embrague de un Chevrolet Grand Vitara 5P año 2014. Se obtiene como resultado final la autoparte con el respectivo análisis de sus propiedades físicas y mecánicas. Concluyendo que esta tecnología es posible de utilizar en la fabricación de piezas de vehículos, considerando las limitantes que se pueda tener con el material empleado.

**Palabras clave:** impresión 3D, FDM, ácido poliláctico, termoplástico, autoparte.

### **Abstract**

3D printing is part of the industrial revolution that is taking place in recent years within the production processes in the automotive sector. Acquiring auto parts for vehicles in the city of Guayaquil is sometimes complicated, either because the manufacturer has stopped manufacturing them or because of the high cost of these and importing them takes time. In the present titling work, it is evident that the 3D printing of auto parts of vehicles with application of polylactic acid thread casting process is an alternative to elaborate little complex automotive parts at low cost and in less time. To carry out this study, an FDM Creality CR 10 Smart 3D printer was used, elaborating the clutch cylinder reservoir cover of a 2014 Chevrolet Grand Vitara 5P. Obtaining as a result the auto part with the respective analysis of its physical and mechanical properties. Concluding that this technology is possible to use in the manufacture of vehicle parts, considering the limitations that may be had with the material used.

**Keywords:** 3D printing, FDM, polylactic acid, thermoplastic, auto part.



## Capítulo I

### Marco Referencial

#### 1.1 Planteamiento del Problema

En la ciudad de Guayaquil la movilidad es primordial para el día a día de los ciudadanos, los vehículos forman una parte fundamental en el desarrollo de la sociedad, existiendo la industria automotriz y diversos negocios referentes a esta actividad comercial en la ciudad. En diversas ocasiones resulta complejo adquirir autopartes de vehículos, esto se debe a que las piezas originales suelen tener costes muy elevados o en su defecto las empresas ya no manufacturan dichas piezas. Por esa razón, a veces se suele adquirir repuestos de muy baja calidad o copias genéricas que suelen cumplir las mismas funciones que la pieza original pero no tienen la seguridad de durabilidad.

Ofrecer autopartes funcionales de buena calidad, durabilidad y mejores costos con otras técnicas de fabricación dentro del mercado automotriz se establece como una oportunidad rentable no solo para los propietarios de vehículos desactualizados o poco comunes, sino también para el sector comercial de autopartes (Contreras, Aplicaciones de la impresión 3D en el sector de la automoción, 2022). Por ello hoy en día, la industria ha buscado alternativas que faciliten y solventen las necesidades de adquisición y manufactura de autopartes de vehículos.

En este sentido, el hilo de PLA es un termoplástico fabricado a base de recursos renovables como el almidón de maíz, raíces de tapioca o caña de azúcar (Soldevilla, 2018). A diferencia de otros materiales de la industria elaborados principalmente a base de petróleo. Debido a sus orígenes más ecológicos este material ha comenzado a popularizarse dentro de la industria, y hemos comenzado a verlo en aplicaciones médicas, en envases para alimentos. Debido a su versatilidad y bajo costo el sector automotriz ha incursionado últimamente en la fabricación de autopartes de vehículos por medio de la impresión 3D con este material, dicha incursión se ejecuta para solventar una problemática que se acrecienta con el ingreso de nuevos

modelos y marcas de automóviles que van dejando a un lado varios diseños y por ende generando dificultad en la adquisición de autopartes de estos.

La impresión 3D de autopartes de vehículos con aplicación de proceso de fundición de hilo de PLA, se presenta como una alternativa rentable para el sector automovilístico, no obstante por ser un nuevo método dentro de este mercado, el desconocimiento de los procedimientos para la utilización de esta técnica puede resultar compleja, debido a que los procesos detallan consigo varios parámetros que deben ser considerados al momento de la fabricación de las autopartes de vehículos (Briceño y otros, 2019).

Por lo expuesto es importante, detallar cuales son los procedimientos óptimos para la elaboración de las autopartes de vehículos haciendo uso de la impresión 3D con aplicación de proceso de fundición de hilo de PLA, considerando la inserción y proyección que tiene este nuevo método para la fabricación de autopartes de vehículos.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿De qué manera el desconocimiento de aplicación de los procesos de fundición de hilo de PLA en impresión 3D impedirá la correcta elaboración de autopartes de vehículos?

## **1.3 Sistematización del Problema**

¿Cuáles son los procesos de fundición de hilo de PLA, en las impresiones de autopartes de vehículos?

¿Cuáles son los estándares de calidad a tomar en cuenta en la impresión 3D de autopartes de vehículos?

¿El diseñar guía práctica basada en la creación de autopartes de vehículos con aplicación de proceso de fundición de hilo de PLA servirá de aporte a la academia automotriz?

## **1.4 Objetivos de la Investigación**

### ***1.4.1 Objetivo General***

Implementar una impresora 3D para la fabricación de autopartes de vehículos con

aplicación del proceso de fundición de hilo de PLA.

#### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- Describir los procesos de fundición de hilo de PLA, en las impresiones de autopartes de vehículos.
- Identificar los estándares de calidad a tomar en cuenta para la modelación de autopartes con impresión 3D.
- Diseñar guía práctica del proceso de impresión 3D de autopartes de vehículos con aplicación de proceso de fundición de hilo de PLA.

### **1.5 Justificación de Delimitación de la Investigación**

#### ***1.5.1 Justificación de la Investigación***

**1.5.1.1 Justificación Teórica.** La justificación teórica de la presente investigación se basa en previos trabajos bibliográficos, los cuales nos permiten tener conocimiento de la impresión 3D de autopartes de vehículos, fundamentando el presente estudio con las teorías existentes que tengan mayor connotación para la implementación del tema planteado.

**1.5.1.2 Justificación Metodológica.** La impresión 3D de autopartes con aplicación de proceso de fundición de hilo de PLA, es un estudio que permite obtener alternativas al momento de adquirir piezas de autos, debido a que en ocasiones son escasas o sus costos son muy elevados, estas partes funcionales ayudarían al parque automotriz a abaratar costos de reparación y remodelación de vehículos, convirtiendo este mercado más rentable, puesto que ayudaría a las personas con vehículos antiguos, de colección o desactualizados al momento de adquirir alguna autoparte que requieran, esto no solo permitiría nuevos logros u opciones en cuestión de movilidad, sino mejores resultados para casos de excepción con autopartes funcionales.

**1.5.1.3 Justificación Práctica.** La impresión 3D de autopartes con aplicación de proceso de fundición de hilo de PLA, genera varias oportunidades al sector automotriz, en lo

que respecta a la manufactura de autopartes de vehículos, debido a que su diferencial se enfoca en abaratar costos en la realización de piezas de automóviles a comparación de las comunes utilizadas para este fin.

Al incorporar la impresión 3D con aplicación de proceso de fundición de hilo de PLA, los fabricantes no solo pueden abaratar costos y tiempo, sino también ampliar la producción de diseños en las autopartes de vehículos como cubiertas de ruedas, rejillas, manillas de puertas e incluso abultamientos de luces traseras, desplazando a las fabricadas con plástico transparente. Con este nuevo proceso, se puede acelerar el diseño de los coches y la producción de los componentes finales.

### ***1.5.2 Delimitación de la Investigación***

**1.5.2.1 Delimitación Temporal.** La presente investigación se desarrollará desde el 2 de noviembre del 2022 hasta el 26 de junio del 2023, lapso que permitirá el desarrollo de la investigación y la propuesta.

**1.5.2.2 Delimitación Geográfica.** La investigación se desarrollará para el área comercial automotriz de la ciudad de Guayaquil.

**1.5.2.3 Delimitación del Contenido.** La primera parte está orientada al establecimiento de un marco conceptual, incluyendo una discusión de los conceptos necesarios, como transformación tecnológica y movilidad inteligente. A continuación, se discute sobre la tecnología automotriz: se explica cómo se pueden elaborar piezas de automóviles con impresión 3D y cómo esto beneficia a la industria automotriz de la ciudad de Guayaquil, la factibilidad de la transición de las piezas de automóviles originales a las desarrolladas con impresión 3D a base de la fundición de hilo de PLA.

La segunda parte pretende resumir las ventajas y los retos asociados a la aplicación de la impresión 3D, basándose en el estado actual de la técnica de fundición de hilo de PLA. En cuanto a los beneficios, se habla del impacto positivo en los consumidores y de la accesibilidad

a las autopartes de vehículos.

La tercera parte, está orientada a la teoría y la práctica, describe los procesos de aplicación que se requieren en la fundición de hilo de PLA, para la impresión 3D de autopartes de vehículos, así como las normas de producción y el control de calidad que deben tener las piezas antes de su comercialización.

## Capítulo II

### Marco Referencial

#### 2.1 Antecedentes

En la actualidad la industria automotriz ha aumentado su producción gracias al crecimiento de la población, esto conlleva a que distintos métodos de fabricación vehicular evolucionen y expandan su análisis en múltiples áreas de aplicaciones en ingeniería, dando origen a diferentes modelos, tamaños, tipos de utilidad entre otros, se sabe que los automóviles son una necesidad fundamental de la sociedad, jamás dejará de ser un tema de estudio e investigación con el propósito de mejorar la calidad de vida.

Según Villarreal y Llanes (2019) “En Latino América la producción automotriz es muy baja, así en México se produce 1.8 millones de unidades y una participación de 4.0%, en Brasil se tiene una producción de 1.2 millones representando un 3% de su producción mundial” (p. 19). Por tal razón es muy difícil conseguir repuestos de vehículos discontinuados.

En tal sentido, la impresión 3D es una tecnología muy útil de manufactura aditiva, donde la creación de objetos puede ser infinita y la única limitante es la imaginación. Para este tipo de trabajos el material empleado dependerá de su aplicación, este método de fabricación tiene muchas ventajas como: disminución del desperdicio de materiales bajando los costes de producción, reducción de tiempo de entrega, la precisión en impresión de objetos grandes y el prototipo puede ser modificado antes de ser impreso mediante el Software CAD seleccionado a gusto de los diseñadores.

El trabajo desarrollado por Briceño et al., (2019), titulado “Tecnologías de impresión 3D: evaluaciones de FDM y Polyjet en la fabricación de autopartes de automóviles”, cuyo objetivo fue evaluar las tecnologías de impresión 3D, con base a modelado por deposición fundida (FDM) y fabricación aditiva (PolyJet) utilizando como materiales a Acrilonitrilo Estireno Acrilato (ASA) y VeroWhitePlus RGD835 para la elaboración de un conducto de aire

automotriz. El proceso metodológico se fundamentó en la selección de los materiales, modelado 3D, simulaciones de flujo de aire, pruebas mecánicas de tracción y flexión. Los resultados mostraron que el material VeroWhitePlus RGD835 posee una menor deformabilidad que el ASA.

Así mismo Villarreal y Llanes (2019), en su investigación titulada “Alternativa para la construcción de autopartes vehicular por medio de la ingeniería inversa e impresión 3D. Caso de estudio tapa de distribución inferior del Chevrolet Spark 2015”, plantearon evaluar la fabricación de autopartes automotrices a partir de la ingeniería inversa e impresión 3D, como solución en el remplazo de elementos automotrices. La metodología del proyecto se basó en el escaneo y la manufactura por impresión 3D utilizando la técnica FDM, para la comparación dimensional y la evaluación por medio de las propiedades mecánicas, logrando la fabricación de la tapa de distribución del Chevrolet Spark 2015. Los resultados reflejaron una disminución en las propiedades mecánicas y variaciones dimensionales, sin afectar la funcionalidad de la pieza fabricada.

Según Herrera y Vicuña (2022) “En cuanto al nivel tecnológico de los procesos de manufactura automotriz se debe aclarar que este conocimiento ha sido generado tradicionalmente por las grandes marcas automotrices, y no es posible acceder a él”. Teniendo en cuenta ciertas normativas de diseño, dependerá de la empresa Automotriz manufacturera el tipo de desarrollo en su tecnología y en su territorio.

En la investigación de Mendoza y Requiniva (2022), titulada “Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de impresión 3D en la ciudad de Tunja”, se planteó como objetivo determinar la viabilidad de la creación de una empresa de impresión 3D. La metodología se basó en el estudio de mercado, el estudio técnico y financiero, se utilizó una encuesta para la demanda de autopartes en la ciudad de Tunja. Los resultados mostraron la viabilidad del proyecto.

La manufactura aditiva o impresión 3D se está implementado con más frecuencia en el prototipado rápido, esto quiere decir que a futuro, gran porcentaje de mecanismos ensamblados van a ser puestos en marcha gracias a esta tecnología, tomando en cuenta los tiempos récord que conlleva la ejecución del prototipado rápido no solo por la industria automotriz sino también por industrias como la robótica, aeroespacial e incluso la industria alimenticia se encuentran en el mundo manufacturero de la impresión 3D (Villarreal & LLanes, 2019).

Según Cedeño (2018), “La necesidad de reducir el tiempo de entrega y el costo de fabricación mientras se mantiene o mejora la calidad y la repetitividad es un desafío bien apreciado en la industria”.

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2.1 Impresión 3D**

La fabricación aditiva o también llamada impresión 3D, es la puesta en marcha de fabricación de piezas que surgen desde los modelos digitales 3D, donde a partir de un software CAD, se genera un archivo de lenguaje triangular estándar STL para ser exportado al software de la impresora que tiene como función guardar el modelo y construir por capas el diseño generado desde abajo hacia arriba para crear el objeto. De esta manera se constituye una técnica económica y eficiente logrando la producción de cualquier producto, desde piezas automotrices hasta piezas de espacio exterior (Marcillo et al., (2021). De acuerdo con Druet (2020), lo define como un proceso de varias partes que comienza con el esbozo de una idea en 2D que se modela mediante un software que crea un archivo para ser materializado por medio de la impresión 3D, por lo general, el método tiene como objetivo la extrusión de material fundido sobre una base fácilmente montable y despegable.

Por lo general este tipo de impresiones lo realiza un robot de configuración cartesiana sobre un plano XY, aunque en ciertas ocasiones se puede evidenciar otro tipo de mecanismos que realizan el mismo trabajo, pero en eficiencia la configuración del robot cartesiano con sus



3 grados de libertad GDL es suficiente para satisfacer las necesidades y exigencias en este tipo de trabajos.

Esta impresión, es un conjunto de tecnologías que producen objetos mediante la adición de materiales en capas, correspondientes a las secciones continuas del modelo 3D. Los plásticos y las aleaciones metálicas son los materiales más comunes para la impresión 3D, pero se puede utilizar casi cualquier componente, desde el hormigón hasta el tejido vivo (Cordova, 2022).

La impresión tridimensional se lleva a cabo mediante máquinas especializadas capaces de realizar sus funciones, haciendo impresiones pequeñas, medianas o de gran volumen en todos sus diámetros. Esta metodología, se utiliza para generar objetos en tres dimensiones a partir de modelos de Diseño Asistido por Ordenador (CAD). Esta operación permite producir objetos colocando capas de material, en este caso el hilo de PLA de forma continua y controlada por un programa informático. Se debe tener en cuenta la amplia gama de tecnologías que procesa el sistema, para crear prototipos rápidos de piezas, repuestos o artículos personalizados.

El implementar la tecnología mediante la impresión 3D en diferentes escenarios, evidencia la capacidad de replicar o diseñar algo nuevo para la sociedad, de esta manera facilitar el trabajo, disminuir costos y acelerar la producción es la base para resolver problemas planteados y cumplir con las necesidades de cada empresa que dispone de tecnología manufacturera en impresión 3D (Norroña & Gómez, 2018).

En la ciudad de Guayaquil existen varias concesionarias que promocionan diversos modelos de vehículos de todo tipo, desde automóviles hasta camiones. Todas las empresas de la ciudad no cuentan con un área de manufactura aditiva de piezas automotrices en 3D para estos vehículos, dando fuerzas a emprendedores con ideas innovadoras para solucionar esta problemática utilizando la tecnología de impresión 3D para la elaboración de autopartes de vehículos y solventar este requerimiento.

### 2.2.2 Técnicas de Impresión 3D

Los avances tecnológicos en la impresión 3D, favorecen la elaboración de una gran variedad piezas en menor tiempo y bajo costo, con base a la deposición de un determinado material, a partir de un modelo digital en diferentes soportes de software.

**Tabla 1**

*Materiales para la Impresión 3D*

Tipo de tecnica	Tecnologia	Materiales
Extrucion	Modelado por deposicion	(PLA; ABS; TPU). Metales
	fundida (FDM)	eutecticos
Granulado	Sinterizado de metal por	Casi cualquier aleacion
	Laser (DMLS)	
	Sinterizado selectivo por	Polvo termoplastico (ABS;
	calor (SHS)	PLA)
	Sinterizado selectivo por	PLA, ABS, polvos
Laminado	Laser SLS)	metalicos, polvos cerámicos
	Fusion por haz de electrones	Aleación de Titanio
	(EBM)	
	Binder Jetting	Polvos de cualquier material
	Laminado de objetos (LOM)	Papel, láminas de plástico. Papel de aluminio, láminas de metal
Fotoquimicos	Estereolitografia(SLA)	Fotopolimeros
	Fotopolimerización por luz	Fotopolimeros
	ultravioleta (SGC)	

Nota: Adaptado de Impresión 3D 2020

La impresión 3D actualmente utiliza una gran variedad de técnicas y materiales. La primordial diferencia entre las distintas metodologías de impresión 3D, está en cómo se van conformando las capas para crear un objeto. Varias tecnologías depositan el material líquido y lo solidifican con diferentes tratamientos, mientras que otras lo que hacen es ejecutar un proceso de fundición ablandado el material, con el objetivo de crear capas.

La técnica de extrusión ha sido el proceso más comúnmente utilizado en los últimos años para producir piezas plásticas. En la tabla 1 se describen los procesos y materiales.

La tecnología más identificada es la Deposición de Material Fundido (FDM), utilizando una boquilla única para la fundición del material a altas temperaturas, colocándolo en capas desde 0.1mm de altura, sobre una cama de impresión acorde a la especificación de la impresora (Mendoza & Requiniva, 2022).

Este método está pensado para modelar prototipos o una producción pequeña de piezas, y es catalogado como una opción económica altamente sustentable y viable, en comparación con los demás tipos tecnológicos.

La Tecnología de Deposición Fundida (FDM) coloca el material capa a capa, de abajo a arriba, hasta completar la pieza diseñada. Mediante un extrusor, empuja el material sintético enrollado en una bobina en forma de filamento, el mismo que se funde a temperatura adecuada en una boquilla que se mueve a lo largo de dos ejes (X, Y) mientras la base o cama de impresión se mueve por el eje Z para depositar nuevas capas.

### ***2.2.3 Funcionamiento de la Impresión 3D***

La impresión 3D es un conjunto de tecnologías de fabricación por adición con la cual se pueden crear objetos tridimensionales con diferentes materiales. Se puede producir casi cualquier elemento, desde un simple prototipo hasta autopartes de vehículos y prótesis médicas, permite además personalizar cada pieza (Ponce, 2018).

Para poder imprimir en 3D el material que se utiliza se debe colocar en planos virtuales

diseñados por CAD o también por algún tipo de software de modelado y animación. La máquina lo tomara como guía para la impresión. Según el modelo de maquina con el que es posible trabajar, el material o materiales se depositan sobre el lecho de construcción y se va depositando hasta que el modelo final en tres dimensiones ha sido creado. La interfaz que conecta la impresora 3D con el software de CAD es el formato de archivo STL que es el formato que define la geometría de los diseños creados excluyendo color, texturas o propiedades físicas, consigue aproximar la forma de la pieza mediante capas en el eje horizontal (Impresión 3D, 2020).

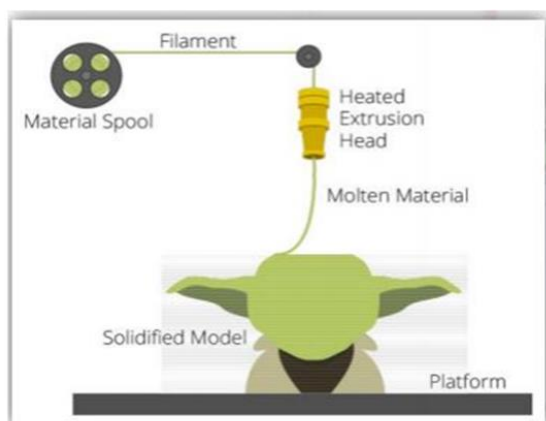
#### **2.2.4 Clasificación de Impresoras 3D**

Existe varios tipos de impresoras 3D en función de la tecnología que utilicen:

**2.2.4.1 Impresión por Deposición de Material Fundido (FDM).** Constituye el tipo más popular de impresión 3D y es una técnica aditiva basada en la utilización de un filamento inicialmente almacenado en una bobina donde un cabezal con temperatura controlada extruye el material que se introduce en una boquilla cuya temperatura está por encima de la temperatura de fusión del material, para luego salir de ella como un hilo fino colocando capa por capa de abajo hacia arriba materializando la pieza que se envió a imprimir bajo el respectivo software.

#### **Figura 1**

*Equipo de Impresión FDM*



Fuente: Briceño et al. (2019)

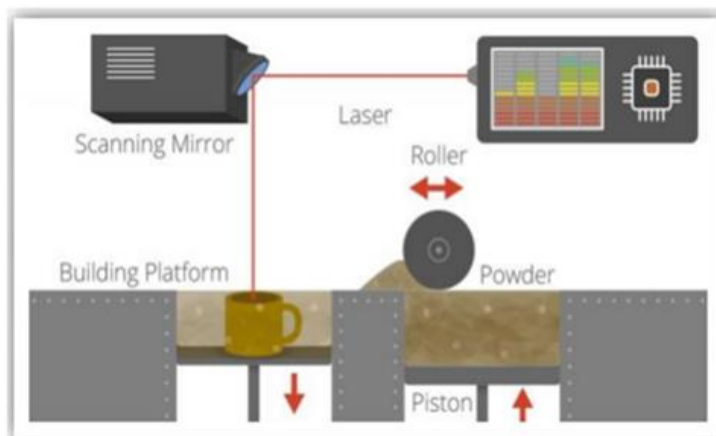
Este proceso puede tardar desde unos minutos hasta varias horas o días dependiendo de la forma, el tamaño y la cantidad de material a necesitar. En la figura 1, se identifica el proceso FDM.

**2.2.4.2 Impresión 3D por Estereolitografía (SLA).** Esta técnica fue la primera que se utilizó, consiste en proyectar un haz de luz UV sobre una resina líquida fotosensible (contenida en un cubo). La luz UV cura la resina capa por capa. La base de la estructura de soporte se desplaza hacia abajo para que la luz pueda volver a actuar sobre el nuevo baño, y así sucesivamente hasta que el objeto tenga la forma deseada. Este método produce piezas de muy alta calidad, aunque tiene la desventaja de que se desperdicia cierta cantidad de material, dependiendo del sustrato a producir (Nuñez, 2018).

**2.2.4.3 Impresión por Láser.** Este método es similar al proceso de moldeo en el sentido de que el material está en forma de polvo y con la ayuda de un láser este componente alcanza la temperatura correcta y se compacta en una forma que se ajusta a su diseño, se conoce como Selective Laser Sintering en adelante (SLS) (Litardo, 2018). En la figura 2, se identifica el equipo para el proceso SLS.

## Figura 2

*Equipo de Impresión SLS*



Fuente: Litardo (2018)

**2.2.4.4 Impresión 3D por Inyección.** Muy similar a la técnica SLS, la diferencia se

encuentra en el método de compactación del patrón, en este caso sin el uso de un láser, sino inyectando un adhesivo (tinta). Esta técnica permite imprimir en varios colores (Franco, 2022).

### ***2.2.5 Materiales Empleados para la Impresión 3D***

La impresión 3D proporciona la capacidad para fabricar piezas y crear prototipos para una amplia gama de aplicaciones de una forma rápida y rentable. Las propiedades mecánicas, características funcionales o aspectos deseados dependen del material que se escoja para crear las piezas. Existe una gran variedad de materiales: Polímeros termoplásticos, metales, vidrio, cerámica. Los dos materiales más comunes utilizados en este proceso son: PLA y Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno en adelante ABS, que son termoplásticos fácilmente disponibles en el mercado. Ambos se presentan en formato filamento y están disponible en dos diámetros estándar: 1.75 mm y 3 mm.

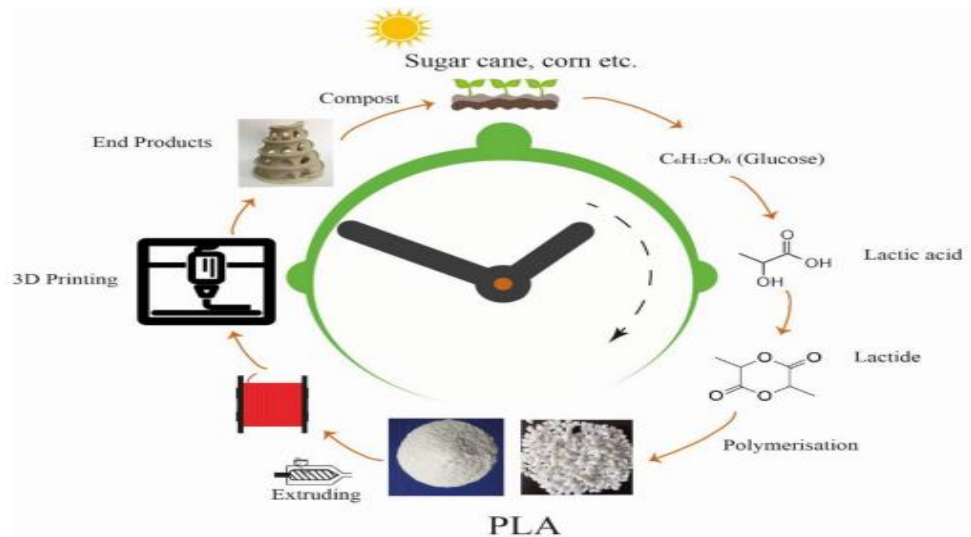
**2.2.5.1 Ácido Poliláctico (PLA).** Es el filamento más comúnmente utilizado en las impresoras 3D, es un bioplástico reciclable derivado de recursos naturales renovables como el almidón de maíz, raíces de tapioca y caña de azúcar. Su temperatura de impresión es baja (200°C – 220°C) en comparación con otros elementos termoplásticos, esto significa que es menos probable que este material se deforme en el proceso de impresión, comparado con otros termoplásticos (ABS) el filamento PLA tiene propiedades más definidas y produce mejores detalles en la superficie.

Este material es fácilmente pigmentado y viene en una variedad de colores. Además, el PLA puede ser mezclado con aditivos, otros plásticos, fibras de madera, fibras carbón y polvo de metal para mejorar sus cualidades, mientras otros pigmentos pueden ser agregados para darle luminiscencia o brillo a los filamentos. Existe una gran variedad de filamentos de PLA, los mismos que son fáciles de imprimir, lijar, pintar y pulir, conllevando de esta manera, a un acabado prolijo con mejoras en su superficie sin necesidad de requerir mayor esfuerzo. En

la figura 3 se describe el ciclo de vida del PLA.

### Figura 3

*Ciclo de Vida PLA*



Fuente: Hazal y Yildirim (2021)

**2.2.5.2 Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno (ABS).** Es un material formado por tres componentes principales: Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno, cada uno de estos componentes aporta diferentes propiedades al material.

### Figura 4

*Aplicación ABS*



Fuente: Vera (2020)

Durante el proceso de impresión, los filamentos de ABS producen humos tóxicos, por

lo que debe utilizarse una buena ventilación durante este proceso. Debido a su amplio rango de fusión, imprime más lentamente que los filamentos de PLA y requiere una cama caliente. En el mercado existe una amplia gama de colores de este material. En la figura 4, se identifica la aplicación del material ABS.

**2.2.5.3 Alcohol Polivinilo (PVA).** Se utiliza en las impresoras de varios cabezales, es ideal para construir modelos de formas complejas, es soluble en agua y absorbe grandes cantidades de agua, lo que plantea un problema de humedad. Este material está disponible en el mercado en una amplia gama de colores.

**2.2.5.4 Nylon.** Es un material complejo de utilizar en la impresión 3D por la falta de adherencia de la pieza a la paleta, pero tiene buenas propiedades como la elasticidad, la ligereza y la resistencia a las altas temperaturas. Este termoplástico está disponible en forma de polvo o filamento para tecnologías como SLS, Multi Jet fusión o modelado por deposición fundida. En la figura 5, se visualiza la impresión en nylon.

### **Figura 5**

*Aplicación Nylon*



Fuente: Marcillo et al. (2021)

**2.2.5.5 Policarbonato (PC).** Es un material no biodegradable con una temperatura de fusión de 280-305°C y es un material muy resistente y duradero.



**2.2.5.6 Polietileno de Alta Densidad (HDPE).** Resistente a la mayoría de los disolventes y adhesivos, pero tiende a encogerse y causa problemas en las piezas plegadas (Guevara, 2018)

## ***2.2.6 Tipos de Impresión***

**2.2.6.1 Modelado por Deposición Fundida (FDM).** La tecnología FDM implica la creación de objetos tridimensionales aplicando capas sucesivas de material que siguen los contornos de un modelo digital. Por regla general, los termoplásticos suministrados en forma de bobinas de filamento o varillas actúan como materiales de impresión.

El ciclo de producción comienza con el procesamiento de un modelo digital tridimensional. El modelo STL se divide en capas y se orienta de la forma más adecuada para la impresión. Si es necesario, se generan las estructuras de soporte necesarias para imprimir elementos en voladizo. Algunos dispositivos permiten el uso de diferentes materiales durante un ciclo de producción. Por ejemplo, es posible imprimir un modelo de un material con soportes impresos de otro material fácilmente soluble, lo que facilita la eliminación de las estructuras de soporte una vez finalizado el proceso de impresión. Alternativamente, es posible imprimir diferentes colores del mismo tipo de plástico mientras se crea un solo modelo.

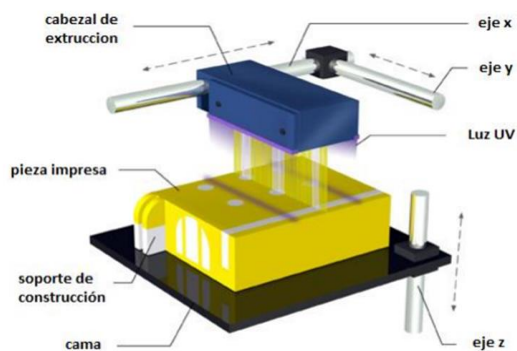
**2.2.6.2 Sinterizado Láser Selectivo (SLS).** Este proceso se caracteriza por el material, el cual se compone de un polvo. En presencia de un láser, las partículas de polvo se sinterizan para formar una pieza. La densidad de la pieza resultante dependerá de la potencia del láser y del tiempo de exposición. El polvo se utiliza como soporte al imprimir las capas del modelo. El modelado por deposición fundida (FDM) es una tecnología de fabricación aditiva ampliamente utilizada en el modelado 3D, la creación de prototipos y la fabricación industrial.

**2.2.6.3 PolyJet.** Es muy parecida a la impresión a inyección de tinta sobre el papel, sin embargo, la diferencia se evidencia en el fotopolímero, en donde este último se usa de

manera líquida, y que a su vez se endurece de forma rápida hacia un estado de solidez a través de la luz UV. El proceso se da por varias veces en todas las capas, generando así que se modele la parte que se trabaja. La máquina incrusta un gel para sujetar la pieza. En la figura 6 se identifica el equipo para el proceso PolyJet.

### Figura 6

*Equipo del Proceso Polyjet*



Fuente: Mendoza & Requiniva (2022)

**2.2.6.4 Estereolitografía (SLA).** Al igual que con el PolyJet, la diferencia radica en el material que utiliza. En este caso, tiene un estado viscoso. La resina pasa de un estado líquido viscoso a un estado sólido bajo la acción de la luz. Mediante el movimiento del láser, se encarga de formar la obra de arte (Vera, 2020).

### 2.2.7 Ventajas de la Impresión 3D de Autopartes

La impresión 3D puede ofrecer un amplio abanico de posibilidades en muchos sectores industriales. Esta tecnología podría convertirse en un proceso o herramienta de apoyo muy potente para acortar los eslabones de la cadena de suministro en sectores muy complejos, como la industria automotriz. Si hay algo que caracteriza a la industria del automóvil es la complejidad con la que opera en toda su red de suministro.

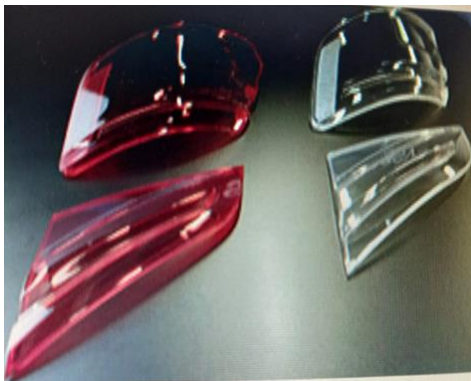
En el caso de la producción de automóviles, por ejemplo, es fácil mirar la lista de materiales y darse cuenta de que se trata de un producto gigantesco con miles de piezas, no todas producidas en la misma fábrica y cuyos orígenes pueden estar muy alejados. Esto sólo

abarca la primera etapa del proceso: el suministro de materias primas. Sin embargo, cuando se trata de la transformación de la producción propiamente dicha del vehículo, hay que coordinar y ejecutar un sinnúmero de operaciones, resolver problemas en tiempo real y cumplir con los más altos estándares de calidad, puesto que la empresa que fabrica el vehículo, independientemente de la marca, debe seguir normas de seguridad muy estrictas (Noroña et.al , 2017).

La impresión 3D también deja la puerta abierta a otros usos en la industria automotriz, por ejemplo, puede utilizarse para mejorar el diseño de las piezas. Para ello, se crea una representación de esta durante el proceso de diseño con el fin de corregir inmediatamente las características del producto. A pesar de las sofisticadas y avanzadas técnicas de renderizado por ordenador, algunos aspectos funcionales y fundamentales del diseño no son fácilmente visibles en la pantalla; nada confirma mejor los resultados del modelado que el diseño 3D. En la figura 7 se identifica una impresión para el sector automotriz.

### **Figura 7**

*Aplicación para el Sector Automotriz*



Fuente: (Interempresas 2018)

Esta tecnología permite mejorar la información y la comunicación entre el cliente y el fabricante para conseguir más fácil y eficazmente los resultados deseados en función de los requisitos del comprador. Más allá del aspecto del diseño, la impresión 3D se considera esencial para la validación de modelos y la creación rápida de prototipos. Los modelos funcionales son cruciales en la fase de diseño de un producto, pero la inversión en tiempo y

dinero que requieren es muy elevada, aunado a que en la mayoría de los casos son creados por manos de artesanos especializados. Sin embargo, la creación rápida de prototipos con esta tecnología es muy diferente, se pueden obtener los mismos resultados en muy poco tiempo (unas horas) y a una fracción del coste de los métodos tradicionales. Por otro lado, la calidad es inigualable y la impresión 3D es mucho más eficiente que la mano de cualquier artista (Farias, 2022).

### ***2.2.8 Utilidad de la Impresión 3D***

Salvando las distancias entre lo práctico y lo abstracto, la impresión 3D es ahora ampliamente utilizada por la industria automotriz para rediseñar y evaluar las propiedades aerodinámicas de sus coches, así como para comprobar la funcionalidad de determinadas piezas y componentes. Los ingenieros de Ford utilizan impresoras de sobremesa para imprimir piezas de plástico y comprobar su ajuste y funcionamiento en los conjuntos.

Con la ayuda de esta tecnología, la fabricación de nuevos moldes, formas y herramientas requeridas por la industria debería ser mucho más fácil. Por ello, algunas de estas aplicaciones, así como las posibilidades que pueden surgir del aprovechamiento de los beneficios mencionados de esta tecnología, permiten el desarrollo de nuevas oportunidades de negocio y la mejora constante de ciertas operaciones en el sector industrial automotriz, lo que hace imprescindible dar a conocer la tecnología de manufactura aditiva y utilizarla como alternativa de fabricación o apoyo para las pequeñas, medianas y grandes empresas (Alvarado, 2018).

## **2.3 Marco Teórico**

### ***2.3.1 Funcionamiento de la Impresión 3D con Aplicación de Proceso de Fundición de Hilo PLA***

La tecnología FDM es la más utilizada para la aplicación del proceso de fundición de hilo de PLA, considerado el proceso más sencillo de manufactura aditiva. Esta tecnología se

basa en tres elementos principales: Una bobina de filamento, un cabezal de extrusión y una cama de impresión. El filamento es succionado por el extrusor, luego es fundido y depositado en forma precisa sobre la cama de impresión.

El proceso de fundición del hilo de PLA comienza cuando el equipo alcanza una temperatura alrededor de 200°C necesarios para su fundición. Una vez que esto ocurre, se extruye el filamento de PLA (1.75 mm o 3 mm de diámetro) sobre la plataforma a través de una boquilla que se mueve sobre tres ejes X, Y y Z. La plataforma desciende un nivel con cada nueva capa aplicada hasta que se imprime el objeto.

Durante la impresión se pueden utilizar soportes para mejorar la calidad de ciertas piezas, las mismas que sin apoyo es difícil imprimir. Estos soportes pueden ser del mismo material que el objeto impreso o de un material que sea soluble en agua o limoneno.

**2.3.1.1 Partimos de una Idea o Necesidad.** Para materializar el diseño se puede comenzar con un boceto y posteriormente realizar un croquis.

**2.3.1.2 Se Crea el Diseño.** Existen algunos programas de diseño, de todos los existentes podemos seleccionar programas gratuitos acompañados de tutoriales, recursos que ayudan en el tema de diseño y modelado, como el SolidWorks, TinKerCad, Autodesk fusión 360, SketchUp Make, Sculptris, BlocksCAD, Blender, etc.

**2.3.1.3 Se Exporta Modelado 3D al Archivo STL.** STL es un formato de archivo nativo del software CAD. Este formato se lo conoce como lenguaje de triángulo estándar o lenguaje de teselado estándar, es compatible con muchos otros paquetes de software, es ampliamente utilizado para la creación rápida de prototipos en impresión 3D y la fabricación asistida por computadora. Los archivos STL solo describen la geometría de la superficie de un objeto 3D sin ninguna representación de color, textura u otros atributos comunes del modelo CAD (Andrew, 2010).

**2.3.1.4 Se Genera Archivo con Extensión Gcode.** Se carga el archivo STL a un

software de laminado encargado de dividir el modelo 3D en capas y generar el archivo con extensión Gcode que es el lenguaje estándar utilizado para controlar el proceso de impresión. Los archivos Gcode se pueden abrir con varios programas de impresión 3D como Simplify3D, Gcode Viewer y también con un editor de texto porque su contenido es texto sin formato.

**2.3.1.5 Se Exporta Archivo Gcode a la Impresora 3D.** Se debe migrar el Gcode a la impresora por medio de la utilización de la tarjeta de memoria SD, otra opción está en utilizar el cable USB. Como último paso se da inicio al proceso de impresión.

### ***2.3.2 Clasificación de Impresoras 3D con Aplicación de Proceso de Fundición de Filamento PLA***

Existen varios tipos de impresoras 3D FDM, cada una de ellas con características particulares.

**2.3.2.1 Impresoras Cartesianas.** Son las impresoras más conocidas dentro de la **tecnología FDM**. Utilizan un sistema de coordenadas dimensionales denominadas cartesiano, basándose en tres ejes ortogonales X, Y y Z. La cama de impresión posee el eje Z y los encargados de direccionar el cabezal de manera eficaz son los ejes X, Y.

**2.3.2.2 Impresora Delta.** También trabajan con coordenadas cartesianas, la diferencia es su cama de impresión circular y en combinación con su extrusor que se fija por arriba de ella adquiere una forma triangular que da origen a su nombre.

**2.3.2.3 Impresoras Polares.** La principal diferencia de esta impresora con las cartesianas está en la utilización de coordenadas polares. Es decir que no utiliza los ejes X, Y y Z. Su cama de impresión que es redonda y gira a medida que su cabezal de impresión se mueve hacia arriba, hacia abajo y de izquierda a derecha. Son ideales para objetos en espiral.

**2.3.2.4 Impresoras Articulares o Brazos Robóticos.** Actualmente hay muchos brazos robóticos utilizados para la operación industrial en la línea de montaje de automóviles.

Su función principal es el montaje de piezas y no la extrusión de filamento, esta tecnología está todavía en desarrollo y solo ha llegado a implantarse en algunas compañías. La principal ventaja de este tipo de impresión 3D es la automatización de procesos productivos de forma más rápida y sencilla.

**2.3.2.5 Impresoras Híbridas.** Es una combinación de manufactura aditiva (impresión 3D) y manufactura sustractiva (mecanizado CNC, fresado). Se trata de una máquina que realiza el intercambio de herramientas para crear piezas.

### ***2.3.3 Aplicación de Proceso de Fundición de Hilo de PLA para Impresiones en 3D de Autopartes de Vehículos***

Una de las áreas del sector industrial que más requiere de la impresión 3D es la automotriz donde las diversas marcas de vehículos tienen la obligación de innovar su tecnología constantemente, favoreciéndose de todas las ventajas que brinda la manufactura aditiva.

La aplicación de proceso de fundición de hilo de PLA en la impresión 3D de autopartes de vehículos permite realizar una pequeña cantidad de piezas o piezas únicas sobre pedido para recambio, las mismas que pueden ser mejoradas y manufacturadas en menor tiempo y a bajo costo. Permitiendo además crear autopartes de automóviles como rejillas para aire acondicionado, manijas de puertas, perillas diversas y una serie de accesorios que incluso pueden ser personalizados acorde a la solicitud del cliente.

Se debe tener en cuenta que las autopartes a realizar no deben de ser muy complejas debido a las características mecánicas y físicas del filamento PLA en cuanto a su dureza y temperatura máxima que puede soportar.

### ***2.3.4 Ventajas de la Impresión de Autopartes con Modelado 3D con Fundición de Hilo PLA***

El uso de la impresión 3D en la elaboración de autopartes de vehículos con fundición de hilo PLA en diferentes escenarios evidencian las siguientes ventajas:

Oportunidad de ampliar el mercado de venta de autopartes de vehículos, ofreciendo autopartes funcionales, considerando siempre las limitantes que se pueda tener con este material.

Reducción del tiempo de entrega de las piezas al simplificar las fases de fabricación convencional de las mismas.

Disminución de los costes de fabricación de autopartes de vehículos, ya sea que se produzcan pequeñas cantidades e incluso piezas únicas personalizadas.

Reducción de costes de inversión, dando la posibilidad de implementar un modelo de negocio donde el producto no este ligado al utillaje industrial, eliminando los costos asociados a procesos intermedios de fabricación convencional.

Otra ventaja es su uso en la Ingeniería Inversa, la misma que nos permite crear e innovar autopartes de vehículos a partir de piezas previamente diseñadas y manufacturadas.

Permite elaborar autopiezas de vehículos que antes se solían producir exclusivamente en grandes plantas industriales ubicadas en puntos distantes del planeta, eliminando los altos costos de importación.



## Capítulo III

### Marco Metodológico

#### 3.1 Tipo de Investigación

Este proyecto se basa en una investigación experimental, debido a que se analiza cuales son las partes de la impresora, como por ejemplo la bobina de filamento, el cabezal de extrusión y la cama de impresión.

#### 3.2 Diseño Metodológico

Este trabajo de investigación se fundamenta en estudios bibliográficos previos como fuentes digitales electrónicas, artículos científicos y otros trabajos de investigación, los mismos que proporcionan conocimiento acerca de la impresión 3D. De tal manera que este estudio está apoyado en datos ya existente con mayor implicación, los mismos que han permitido dar solución al tema planteado.

Se realiza el recambio de una autoparte descatalogada, la tapa del cilindro principal de embrague de un Chevrolet Gran Vitara 5P año 2014. Se utiliza la tecnología FDM de la impresora Creality CR 10 Smart por su versatilidad, la misma que posee un modo bajo de consumo, economiza energía y potencia, garantiza una impresión estable, es precisa, fácil de usar y tiene un sistema de nivelación automática. En la figura 8 se observa la impresora.

#### Figura 8

*Impresora Creality CR 10 Smart*



Entre los componentes que posee la Creality 3D CR 10, está el extrusor es una de las partes más importantes de la máquina (Figura 9), el mismo que empuja el material al fusor (Figura 10), para fundirlo y poder salir a través de la boquilla y crear la pieza. Se aconseja darle mantenimiento a la boquilla para evitar obstrucciones. Entre sus otros componentes están el cable de poder (Figura 11), el cable de datos (Figura 12) y la pantalla de configuración, cuyo menú permite acceder a una variedad de opciones (Figura13).

### **Figura 9**

*Extrusor de la Impresora*



### **Figura 10**

*Fusor*



**Figura 11***Cable de Poder***Figura 12***Cable de Datos*

**Figura 13**

*Pantalla de la Impresora Creality CR 10 Smart*



### 3.3 Material que se Utiliza en la Impresión de la Autoparte

El material que se utiliza es hilo de PLA estándar, un termoplástico que se obtiene a partir de recursos renovables, es uno de los materiales más utilizados en la impresión 3D FDM. Como se muestra en la figura 14.

**Figura 14**

*Rollos de Material de PLA de Diferentes Colores*



La cantidad aproximada de hilo de PLA que se emplea para realizar la autoparte es de

21 gramos, el precio del kilo de este material está en alrededor de 35 dólares, dependiendo de su calidad. Por lo tanto, la pieza tiene un costo de 73 centavos de dólar en lo que respecta a material.

Es una pieza final para el vehículo, por lo que hay que tener en cuenta la calidad de impresión y las propiedades físicas y mecánicas del hilo de PLA, para que la autoparte cumpla su función de manera adecuada.

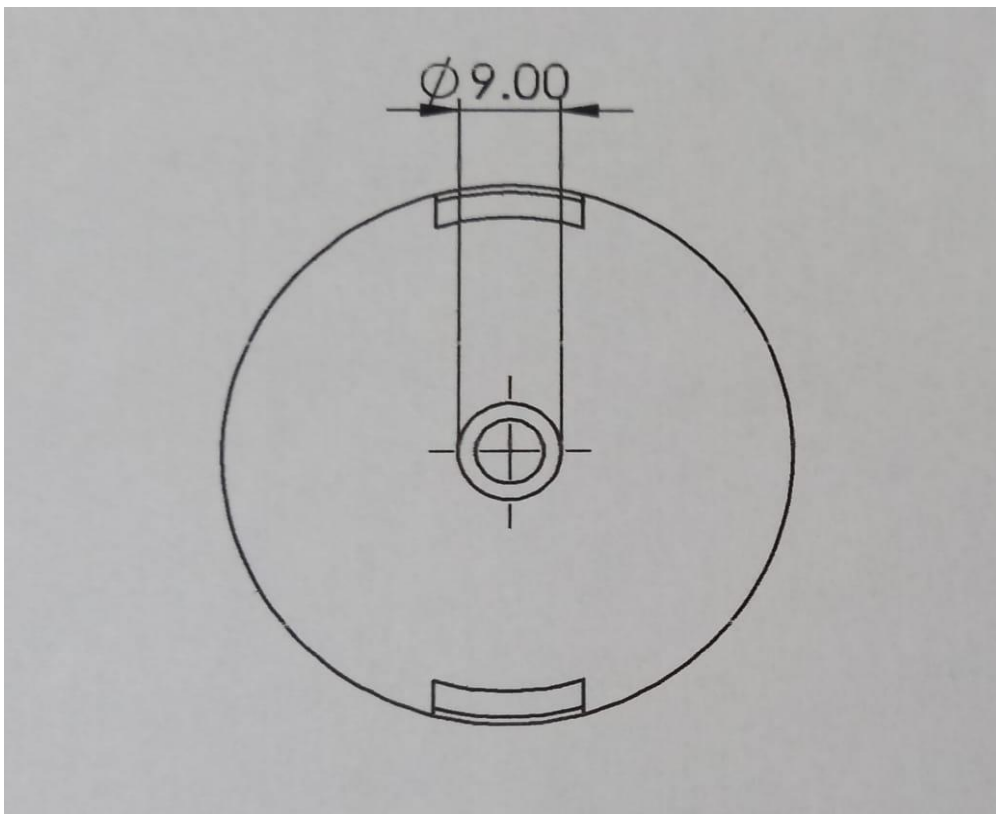
### 3.4 Proceso de Impresión 3D de la Autoparte de Vehículo

#### 3.4.1 Diseño y Modelado de Autoparte

Se utiliza el software SolidWorks para el diseño y modelado de la pieza. Primeramente se diseña el plano de la cara superior (Figuras 15), luego la cara frontal (Figura 16), con sus respectivas medidas /Figura 17).

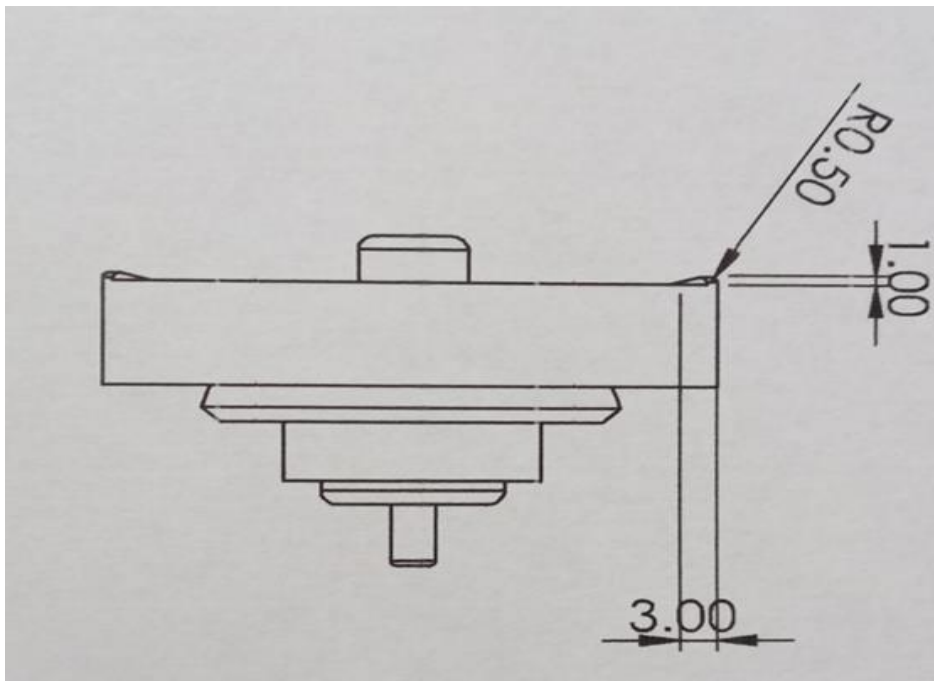
#### Figura 15

*Plano del Diseño de la Cara Superior de la Tapa*

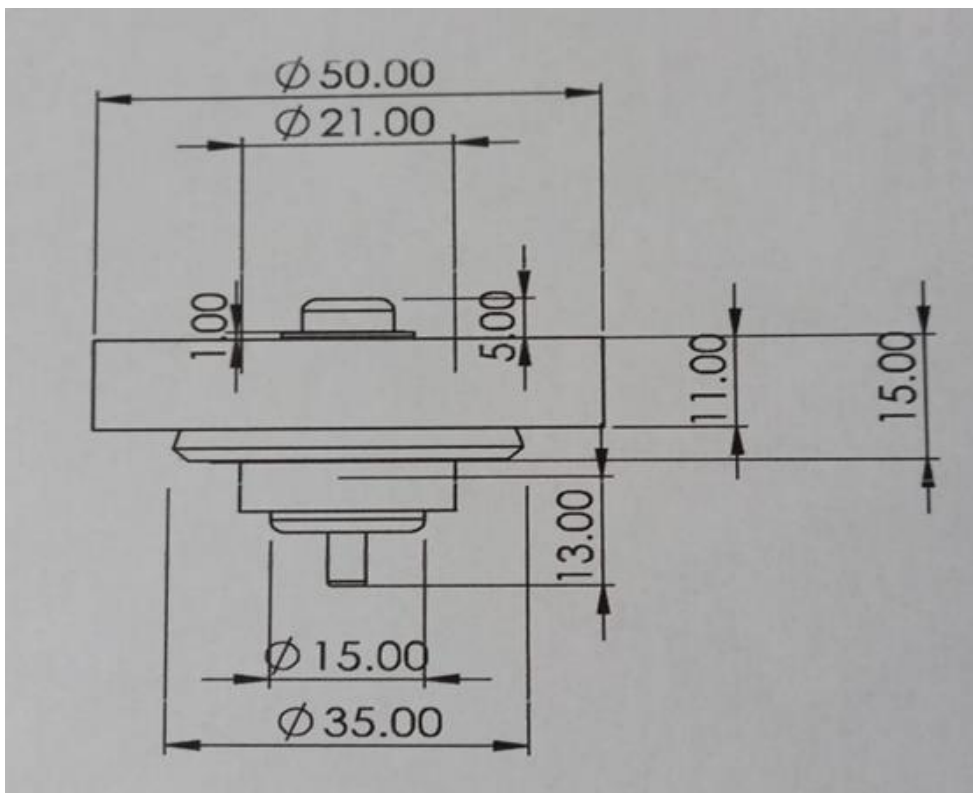


**Figura 16**

*Plano del Diseño de la Cara Frontal*

**Figura 17**

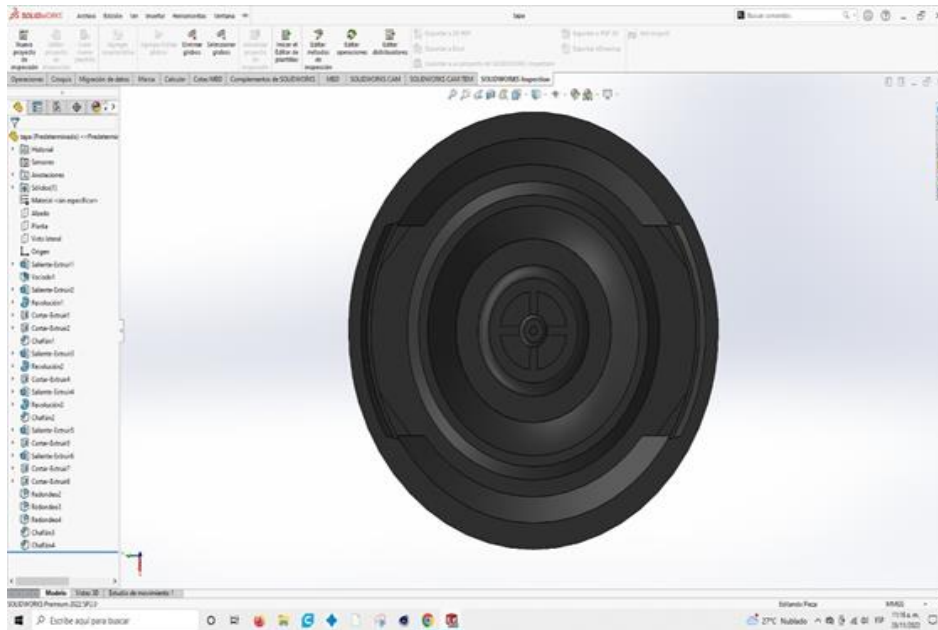
*Plano del Diseño Frontal de la Tapa con Medidas*



Posteriormente se realiza el diseño final de la autoparte. Observado la cara inferior (Figura 18), cara lateral (Figura 19) y cara frontal (Figura 20).

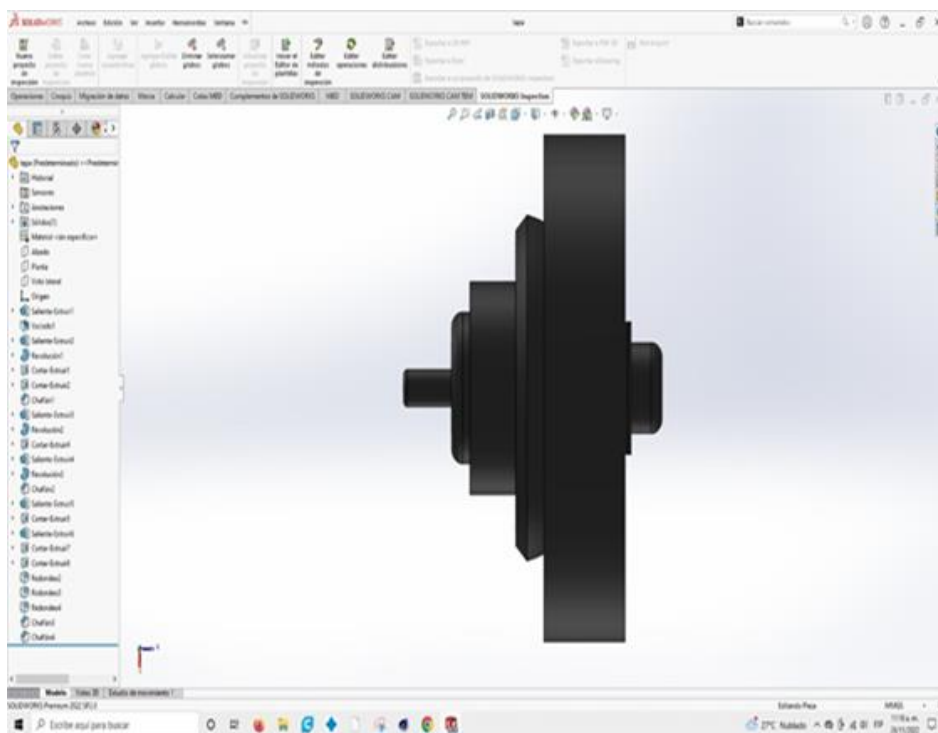
**Figura 18**

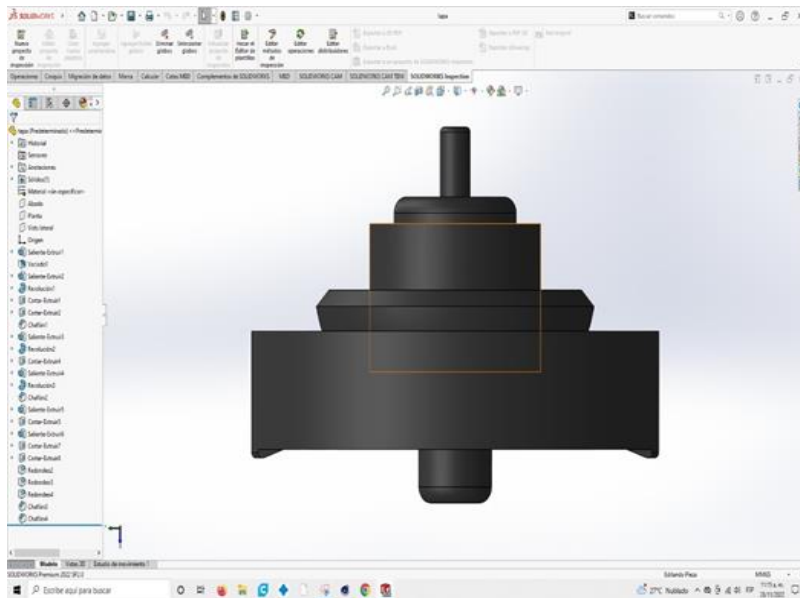
*Diseño en SolidWorks de Cara Inferior*



**Figura 19**

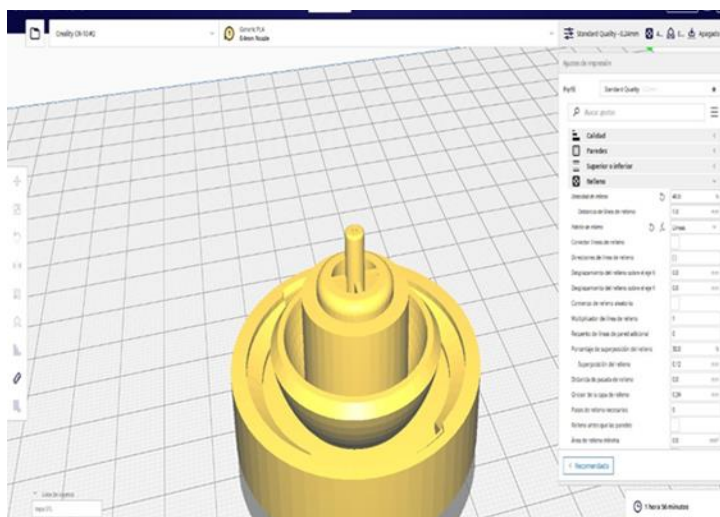
*Diseño de Cara Lateral*



**Figura 20***Diseño de Cara Frontal*

### 3.4.2 Conversión de Archivo CAD

Se exporta el archivo CAD a una extensión acorde con el programa de la impresora, en este caso se utiliza el archivo STL, se carga este archivo a un software slicer, se genera un archivo con extensión Gcode y se lo carga en una tarjeta SD o se utiliza el cable USB (Figura 21).

**Figura 21***Se Carga el Archivo STL al Software de Laminado*



### 3.4.3 Ajustes de Impresión

Se prende la impresora. Se selecciona la temperatura con la que se va a trabajar (Figura 22), este valor viene indicado en el empaque del material, en el caso del PLA esta entre 200°C a 220°C. Se ingresa la tarjeta SD. Se nivela la cama de impresión, se coloca algún componente que ayude a que la pieza no se mueva, en este caso se utiliza pegamento en barra (Figura 23).

**Figura 22**

*Ajuste de Temperatura*



**Figura 23**

*Preparación de la Cama de la Impresora*



### 3.4.4 Instalación del Material

Se instala el material a utilizar, el mismo que debe estar acorde con la función a cumplir (Figura).

#### Figura 24

*Rollo de Material de PLA*



### 3.4.5 Inicio de la Impresión

Se verifica que la impresora alcance la temperatura adecuada y que el material se encuentre saliendo del extrusor (Figura 25), materializando la pieza (Figura 26).

#### Figura 25

*Inicio de la Impresión de la Autoparte*



**Figura 26**

*Fusión y Materialización*



#### **3.4.6 Remoción de la Autoparte**

Se confirma que la pieza se encuentre concluida, el proceso puede tardar desde unos minutos a varias horas, en este caso fue de aproximadamente dos horas.

Una vez finalizada la impresión 3D se deja pasar unos 15 minutos para proceder a retirar la pieza con ayuda de una espátula (Figura 27).

**Figura 27**

*Remoción de la Pieza Terminada*



La cara inferior de la autoparte elaborada se observa en la figura 28 y en la figura 29 la cara superior.

### **Figura 28**

*Cara Inferior*



### **Figura 29**

*Cara Superior*



#### **3.4.7 Acabado Final**

En caso de ser necesario podemos pulir o lijar la pieza para darle un mejor acabado. Finalizado el proceso limpiamos la cama y la boquilla de la impresora. Es importante indicar

que una vez obtenida la autoparte puede haber la necesidad de rectificar las medidas hasta obtener el acople perfecto, gracias a que esta tecnología nos permite realizar modificaciones las veces que sea necesario. En el presente trabajo se rectifica el diámetro interno de la tapa para conseguir acoplarla adecuadamente. Se modifica la pieza, se configura el archivo STL de la nueva versión, se la imprime y se comprueba que ajusta adecuadamente.

### **3.5 Técnica de Análisis de Datos**

#### ***3.5.1 Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas***

El análisis de las características físicas y mecánicas de la autoparte manufacturada se realiza tanto con pruebas reales como a través de un software CAD.

#### ***3.5.2 Instrumento de Recolección de Datos***

La mayor parte de la recolección de datos para este trabajo de investigación se obtiene gracias al internet que actualmente nos proporciona facilidades de búsqueda y acceso a una infinidad de información, permitiéndonos investigar, recopilar y analizar documentos actualizados, brindándonos un gran abanico de oportunidades para adquirir conocimientos, ya sea a través de bibliotecas, textos y revistas virtuales, artículos científicos, videgrabaciones, entre otros. Se consultó además otros trabajos de investigación relacionados a la temática en estudio.

## Capítulo IV

### Análisis e Interpretación de Resultados

#### 4.1 Simulación Real

##### 4.1.1 Prueba de Cambios Térmicos al Medio Ambiente

Para realizar esta prueba se expone la autoparte a temperatura ambiente durante tres semanas. Se toma diariamente la temperatura ambiental (Figura 30), y al líquido de freno (Figura 31). Esta valoración se efectúa alrededor del mediodía, tomando en consideración que la temperatura ambiente en estas horas alcanza su máximo valor.

#### Figura 30

*Temperatura Ambiental a las 12 AM (18-12-2022)*



#### Figura 31

*Temperatura del Líquido de Freno a las 12 AM*



Se analiza la autoparte no se observan cambios (Figura 32).

### **Figura 32**

*Autoparte no Presenta Cambios*



#### **4.1.2 Prueba Real en Ruta**

Se realiza un recorrido de aproximadamente 30 kilómetros, al iniciar la marcha la temperatura del motor marca 28° Celsius (Figura 33), y al finalizar alcanza 82° Celsius (Figura 34). El líquido del reservorio del embrague reporta 49° Celsius (Figura 35). Se espera unos minutos, se retira la autoparte, se la examina y se evidencia deformación (Figura 36).

### **Figura 33**

*Temperatura del Motor Iniciando Ruta*



**Figura 34**

*Temperatura Máxima del Motor al Terminar la Ruta*

**Figura 35**

*Temperatura del Líquido del Embrague al Terminar el Recorrido*

**Figura 36**

*Autoparte Luego de la Prueba en Ruta*



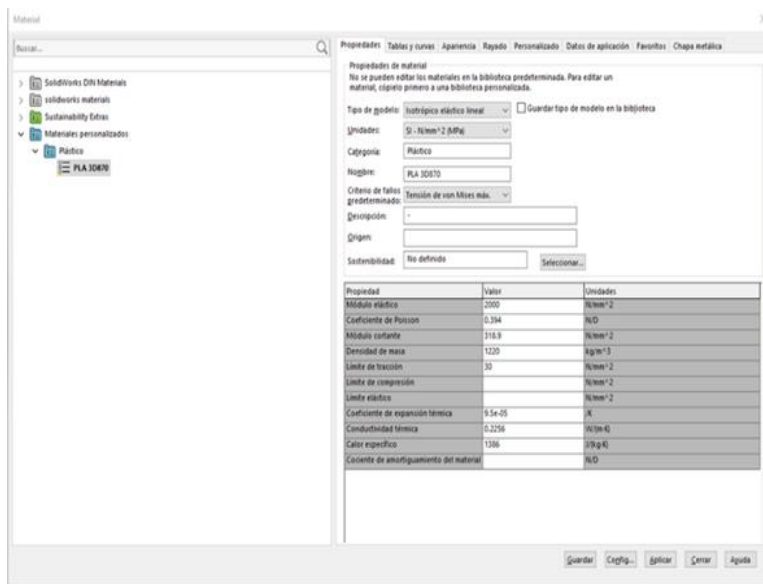


## 4.2 Simulación en Software

Las propiedades mecánicas y térmica se analizan con la herramienta SolidWorks Simulation. se ingresa las características mecánicas y térmicas del hilo de PLA (Figura 37) y los datos de la autoparte (Figuras 38).

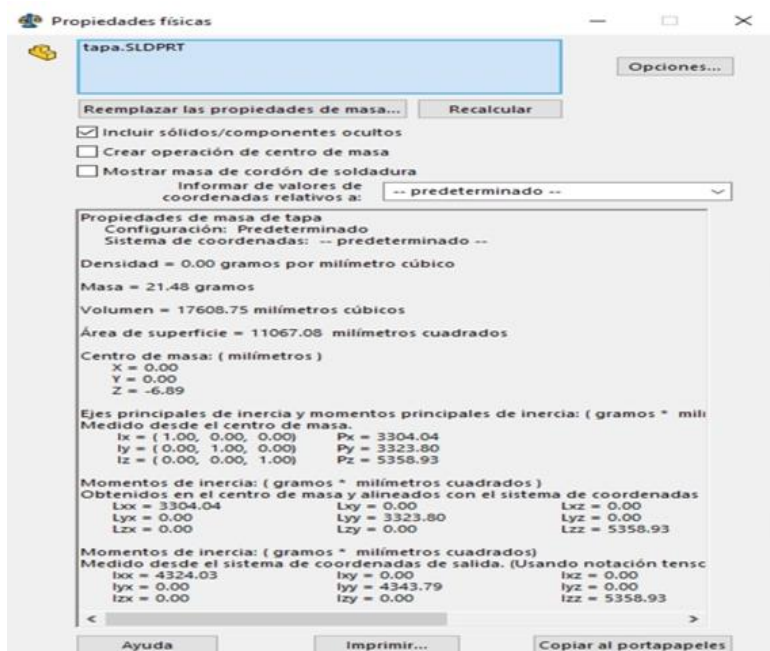
**Figura 37**

*Datos Mecánicos y Térmicos del PLA Ingresados para la Simulación*



**Figura 38**

*Características Físicas de la Autoparte*

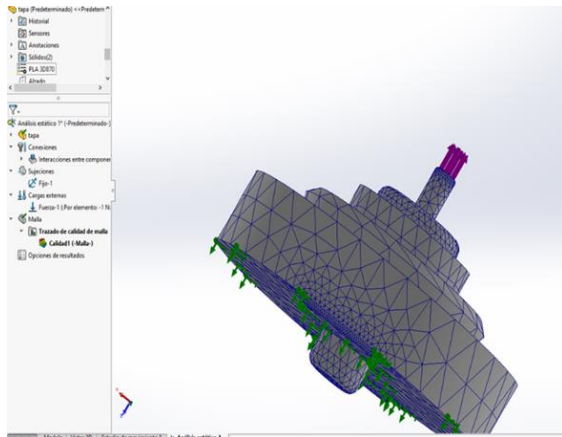


### 4.2.1 Análisis de Tensión

Se configura el material en las dos caras de la pieza en estudio. Como se muestra en la (Figura 39).

#### Figura 39

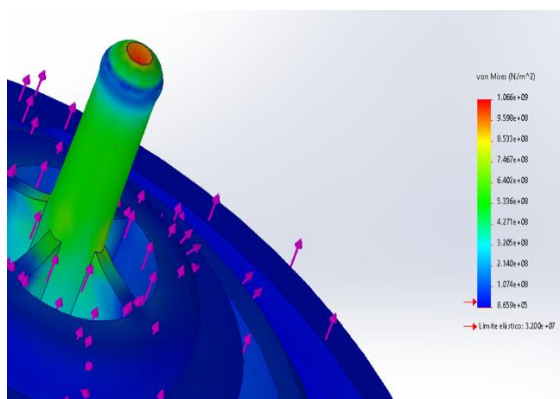
*Creando la Malla para Realizar el Análisis*

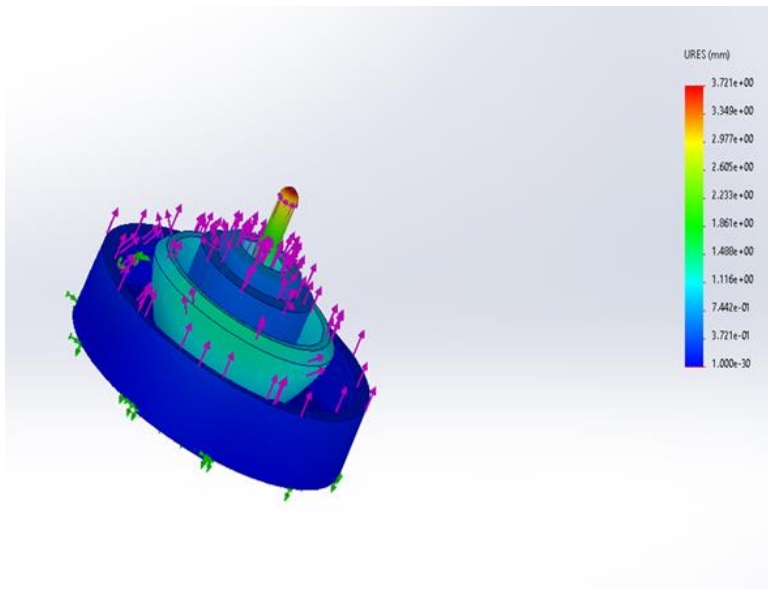


Para este análisis se toma en consideración que la presión dentro del reservorio del cilindro principal de embrague del vehículo en de 3 a 9 Megapascuales (Mpa). Se realiza una simulación con 5.4 kilonewton (KN) de fuerza (Figura 40) y el resultado muestra que la autoparte sufre el mayor impacto en el extremo más distal de la pieza provocando una deformidad de 3mm, la misma que en la zona media interior es de aproximadamente 1mm. (Figura 41).

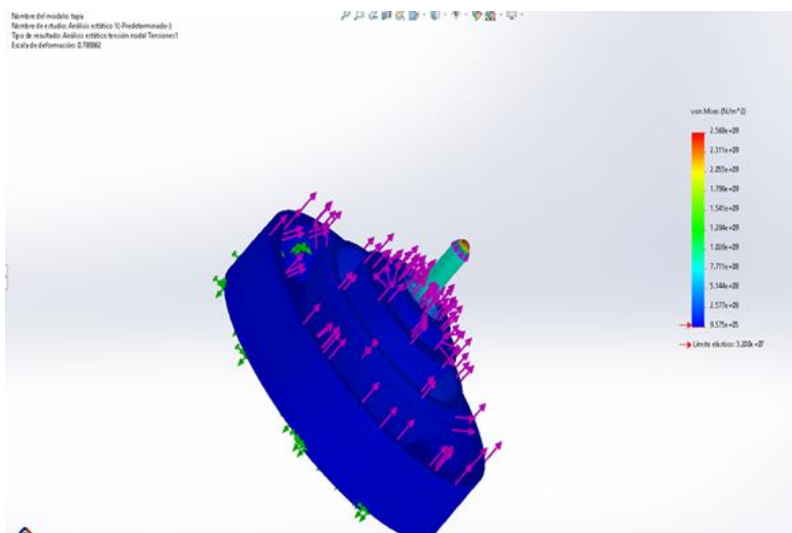
#### Figura 40

*Distribución de la Fuerza en la Pieza*



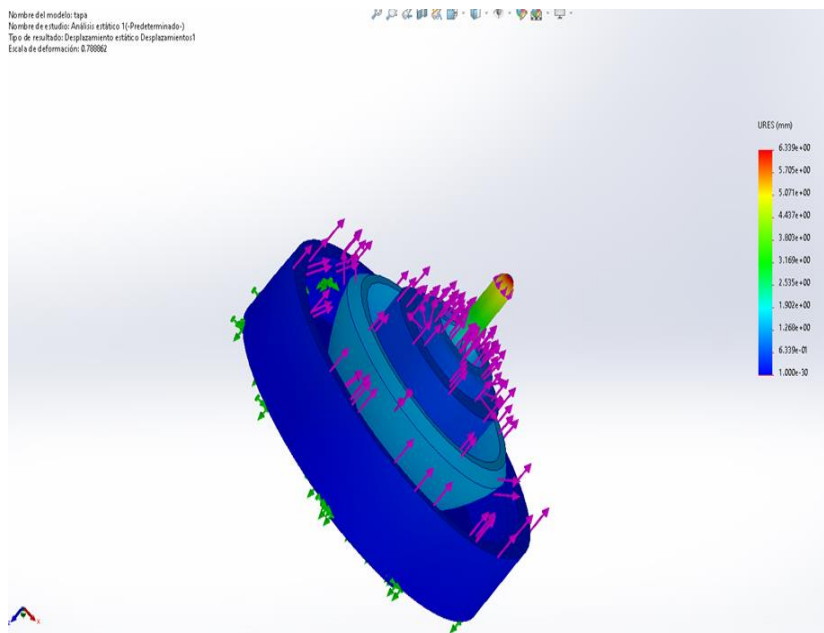
**Figura 41***Deformaciones en Zonas Críticas*

Se realiza una segunda simulación de tensión aplicando 16.3 KN (Figura 42). Se observa una considerable deformidad en el extremo más distal de la autoparte de aproximadamente 6 mm, que sobrepasa el límite elástico de la misma que puede afectar la geometría final ocasionando una alteración permanente (Figura 43).

**Figura 42***Aplicación de Fuerza por Encima del Límite Elástico*

**Figura 43**

*Deformación Considerable que Afecta la Geometría Final de la Tapa*

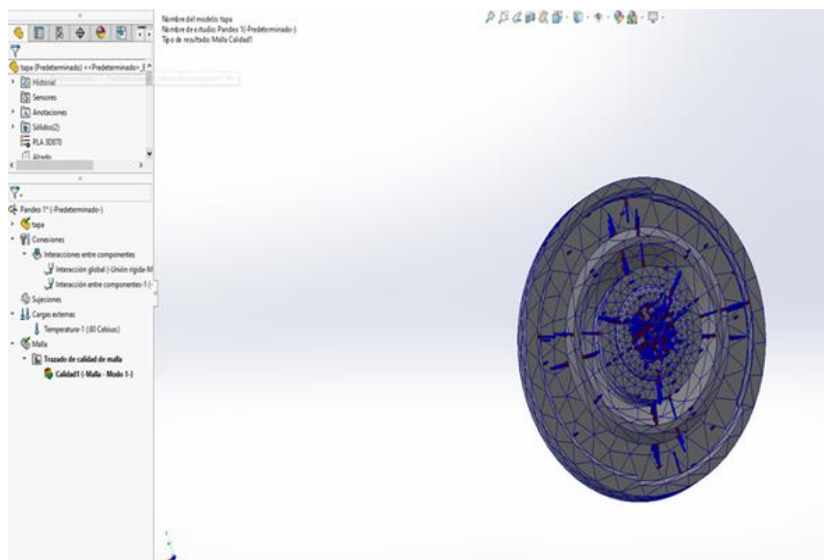


#### 4.2.2 Análisis Térmico

Se configura la maya, se aplica una temperatura de 80° C (Figura 44). En este análisis se observa que las zonas críticas de la autoparte presentan una distorsión de aproximadamente 1 mm (Figuras 45).

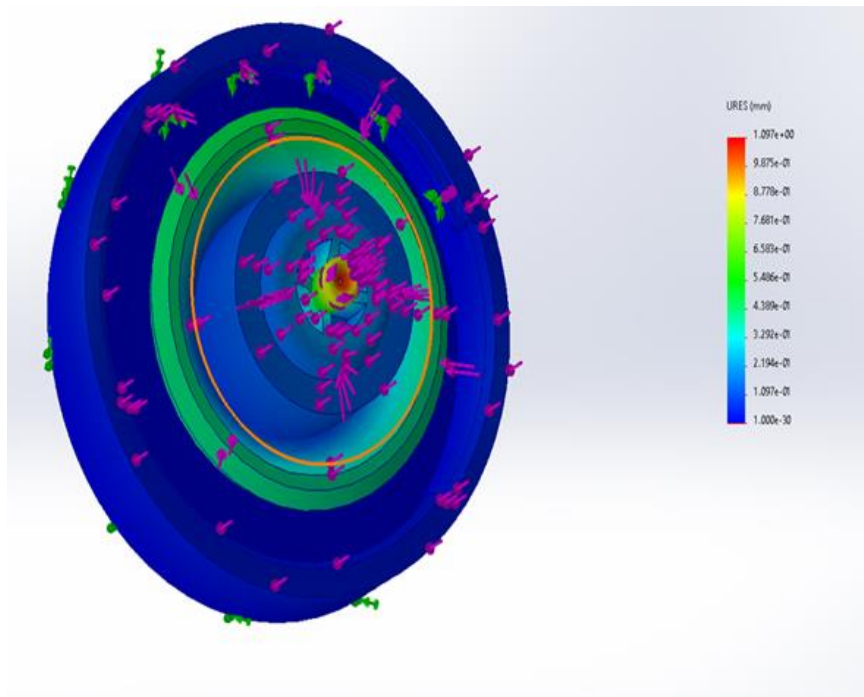
**Figura 44**

*Aplicación de Temperatura de 80 °C*



**Figura 45**

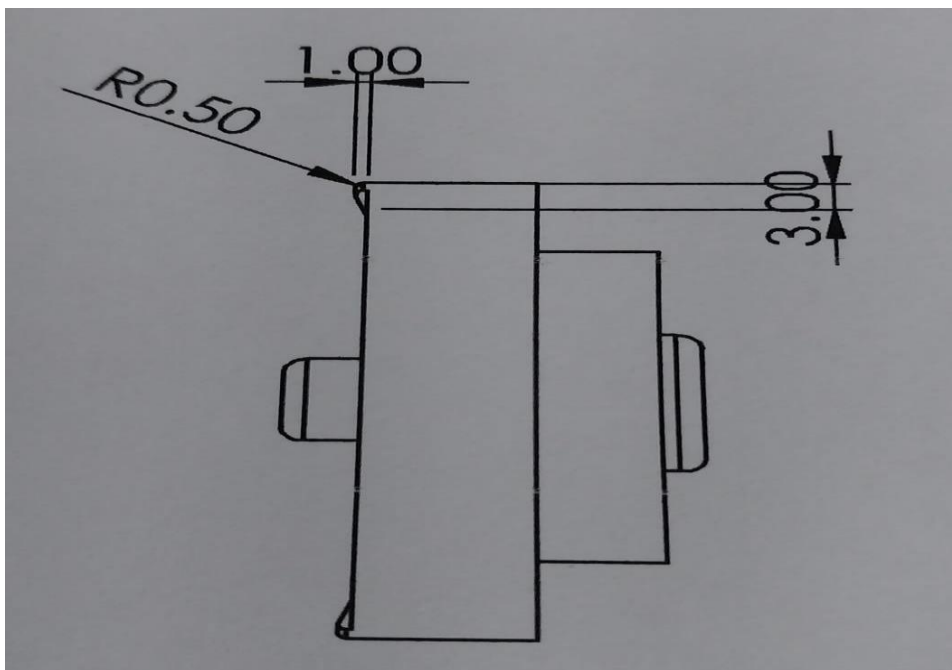
*Deformación de las Zonas Críticas de 1mm*

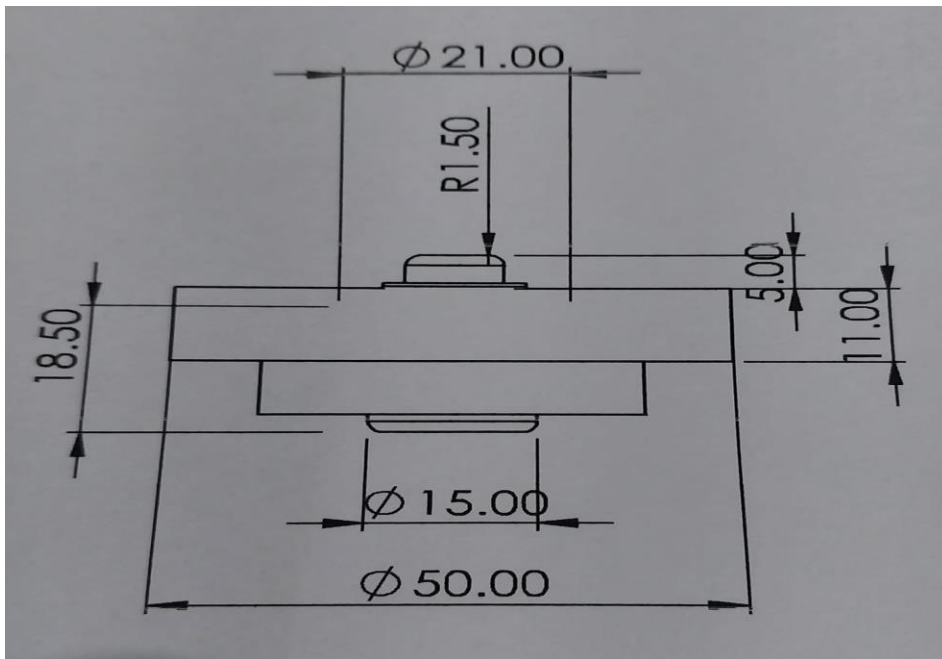
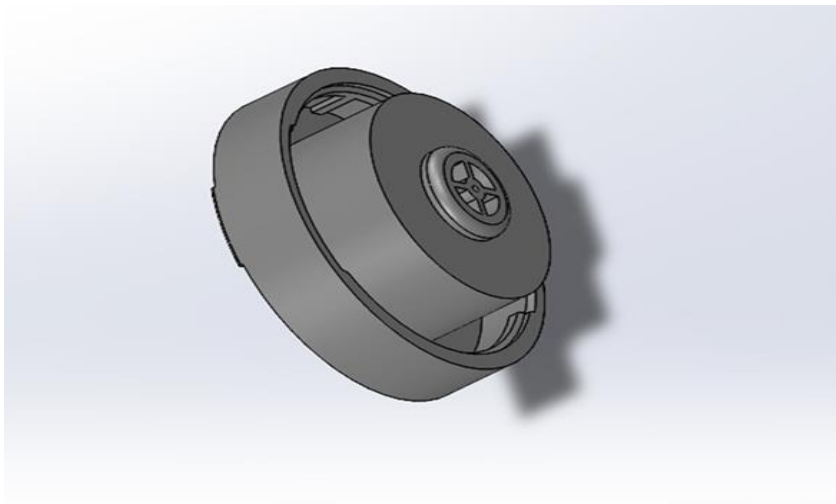


Por lo anteriormente expuesto, se modifica la pieza, cara lateral (Figura 46), cara frontal (Figura 47), se realiza un relleno en la zona crítica para fortalecerla (Figura 48).

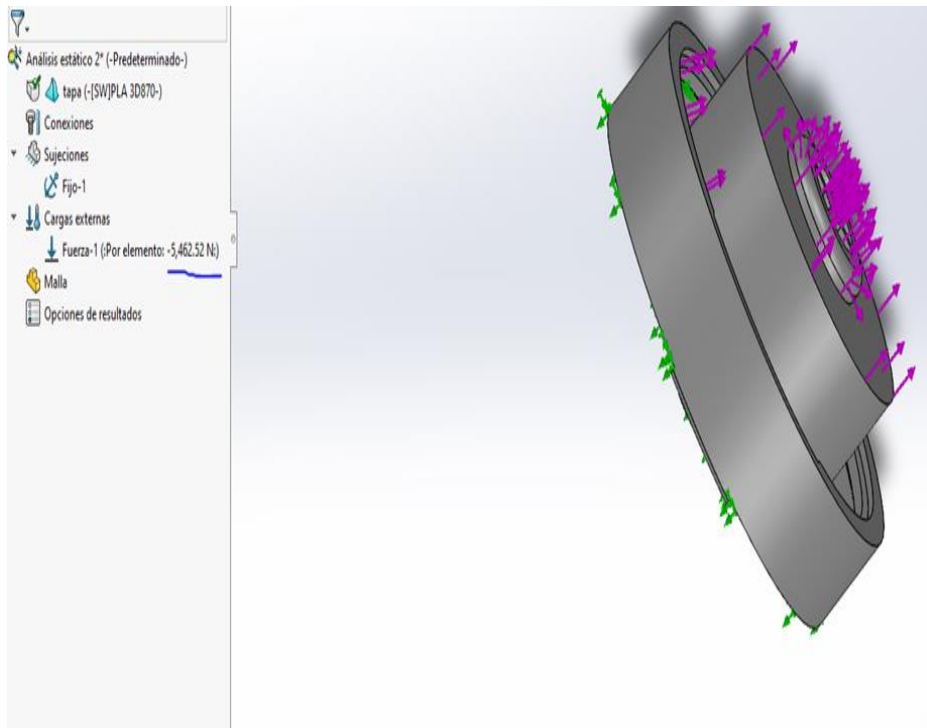
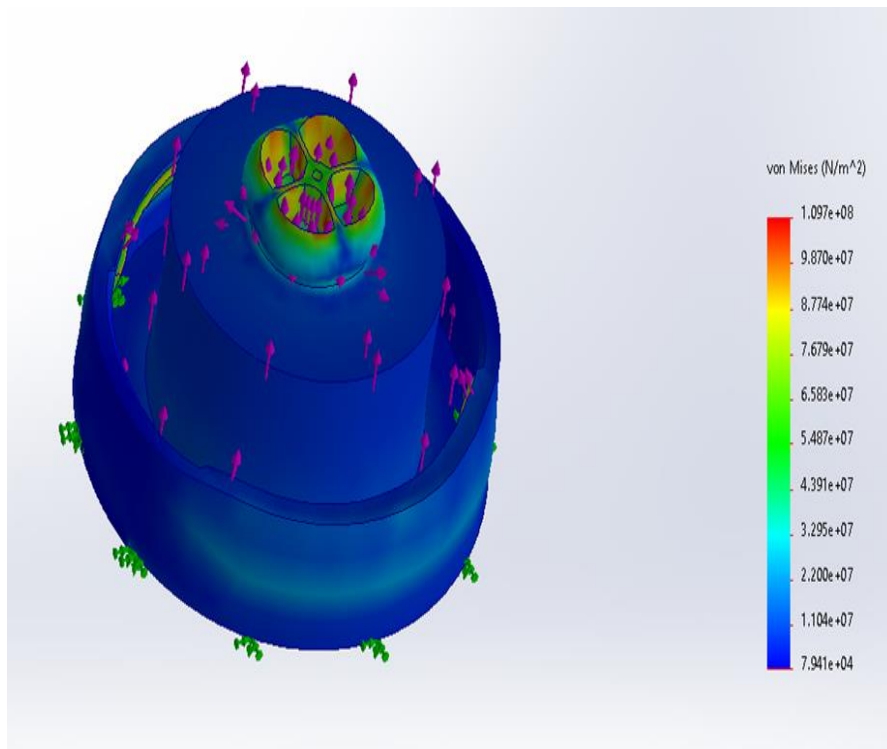
**Figura 46**

*Cara Lateral de Pieza Modificada*



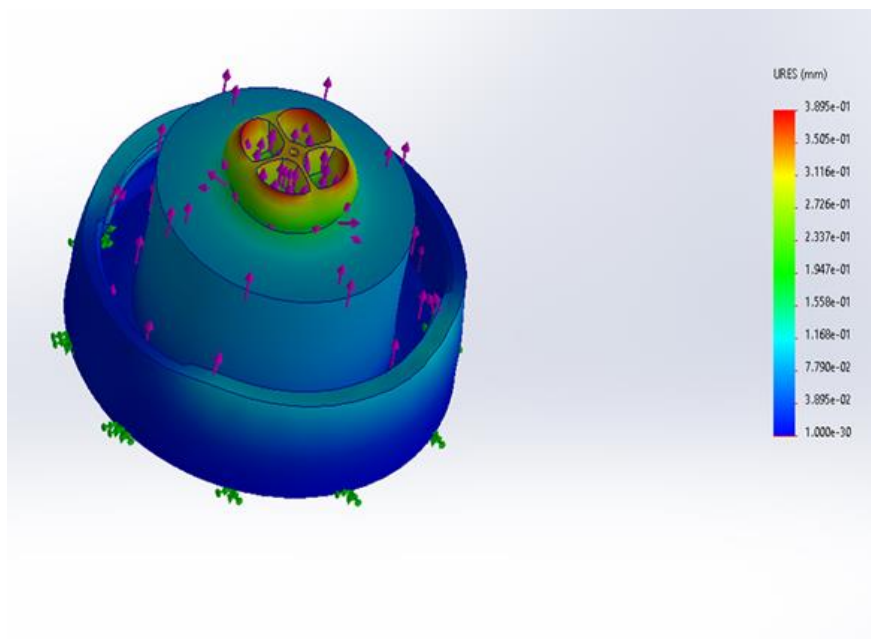
**Figura 47***Cara Frontal***Figura 48***Pieza Modificada*

Se realiza nuevamente la simulación con la herramienta SolidWorks Simulation. Se aplica una fuerza de 5,4 KN, el análisis muestra una mejor distribución de fuerza en la pieza (Figura 49), reportando mayor resistencia en la zona crítica cuya área se deforma en menor proporción 0,3 mm (Figura 50) y aproximadamente 0,01 mm en la zona de acople al reservorio del cilindro (Figura 51).

**Figura 49***Mejor Distribución de Fuerza Aplicada***Figura 50***Deformación de Zona Crítica*

**Figura 51**

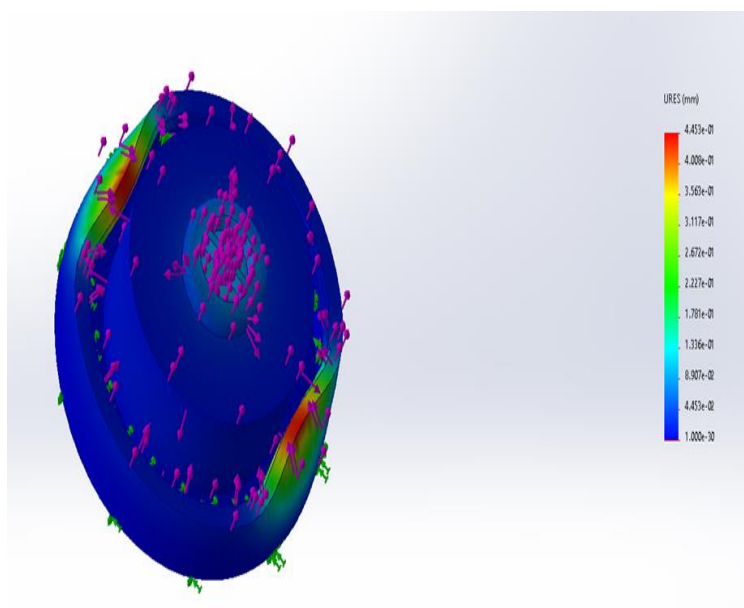
*Deformación de la Zona de Acople al Reservorio del Cilindro*



Se efectúa análisis térmico con 80°C y se observa que la zona crítica se reubica en la región de acople, la misma que se deforma 0,4 mm es decir en menor medida (Figura 52).

**Figura 52**

*Reubicación de Zona Crítica*



Se realiza la prueba en ruta de la autoparte modificada. Se observa menor distorsión (Figura 53).



**Figura 53**

*Menor Deformación en la Zona de Acople*



En resumen, podemos concluir que modificando la autoparte se logra mayor resistencia, disminuyendo su distorsión.

**4.3 Resultados Obtenidos**

El análisis de las pruebas reales y la simulación en software de la autoparte objeto de este estudio, dan como resultado:

A temperatura ambiental no presenta ningún cambio. Al exponerla a temperatura superior a 60° Celsius se distorsiona.

Al someterla a una fuerza mayor a 4 KN empieza a deformarse.

Al modificar estructuralmente la zona crítica esta adquiere mayor resistencia disminuyendo su alteración.

No, por estas circunstancias esta técnica deja de ser un proceso por considerar, en razón que bien enfocado dentro del sector automotriz es una alternativa de fabricación rentable no solo para quienes están inmersos en la comercialización de autopartes de vehículos, sino también para los talleres de reparación, propietarios y coleccionistas de automóviles clásicos y transporte en general.

## Conclusiones

Implementar una impresora 3D para la fabricación de autopartes de vehículos con aplicación de proceso de fundición de hilo de PLA es idóneo, pues esta tecnología se ha convertido en una herramienta de apoyo en la cadena de suministro de piezas de vehículos, debido a las dificultades que se están presentando para importarlas ya sea por asunto del post covid o la guerra entre Rusia y Ucrania, proporcionando la capacidad de optimizar el abastecimiento de autopartes a necesidad, solo con tener el archivo 3D correspondiente se las puede imprimir bajo pedido, en menos tiempo y a bajo costo, en pequeños lotes o partes únicas de automóviles de acuerdo a la marca o modelo, sean estos nuevos o discontinuados, pudiendo ser modificadas y/o personalizada conforme al requerimiento del cliente, permitiendo potenciar nuestra creatividad.

Adquirir adecuadamente este conocimiento da la oportunidad de mejorar la comunicación entre el cliente y el fabricante, permitiendo manufacturar piezas de automoción en función a su necesidad.

Identificar los estándares de calidad es prioritario, considerando que es una pieza final para el vehículo, por lo que se debe tener en cuenta las propiedades físicas y mecánicas del hilo de PLA y la calidad de impresión para que la autoparte cumpla su función de manera adecuada.

Diseñar una guía práctica con información relevante sobre esta tecnología, constituye un aporte a quienes se inician en este nuevo campo de manufactura aditiva.

## Recomendaciones

Lo primero que se debe realizar antes de imprimir una autopieza de vehículo con proceso de fundición de hilo de PLA, es analizar su viabilidad, su resistencia mecánica y la función de ésta, el incumplimiento de este proceso puede llevar a fabricar una pieza de automoción que no cumpla con los estándares de calidad requeridos.

Evitar manufacturar autopartes que realicen funciones mecánicas complicadas, es decir ante soluciones simples acciones simples.

Con este material es preferible elaborar autopartes de vehículos sencillas como son las rejillas de aire acondicionado, manijas de puertas, accesorios, logotipos, adornos que incluso se los puede mejorar adicionando alguna técnica especial en el acabado final.

Usar filamento de PLA de buena calidad como los europeos que son los más confiables, traen hoja de seguridad que especifica sus cualidades, existen filamentos que no son 100% ácido poliláctico y contienen aditivos químicos tóxicos que contaminan el medio ambiente, por ello es aconsejable alejarse de una impresora 3D en funcionamiento.

A fin de evitar inconvenientes con la primera capa de impresión, al trabajar con PLA se recomienda utilizar cinta de adherencia o pegamento en barra para la cama de impresión esto facilita el desprendimiento de la pieza.

Para obtener un mejor acabado exterior de la autoparte elaborada se aconseja pulirla con lija o con la utilización de acetona si se lo requiere.

Con la finalidad de mejorar la calidad y funcionabilidad de la autopieza es preferible utilizar un filamento de PLA mejorado como el PLA tough, PLA plus, high-temperature PLA, los mismos que se eligen de acuerdo con la función de la autoparte o seleccionar otro tipo de material con mejores propiedades que pueda cumplir con las necesidades requeridas.

## Referencias

- Alvarado, M. (2018). 25 Ejemplos de uso de la impresión 3D (que te sorprenderán).  
<https://formlabs.com/latam/blog/25-usos-inesperados-de-impresion-3d/#:~:text=La%20impresi%C3%B3n%203D%20es%20muy,fabricaci%C3%B3n%20dentro%20de%20la%20industria.>
- Andrew, G. (2010). 3D Automotive Modeling. *Chicago: Focal Press*.  
<https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/book/9780240814285/3d-automotive-modeling>
- Briceño, B., Llanes, E., Rocha, J., Chamba, E., & Cuasapud, D. (2019). Tecnologías de impresión 3D: evaluaciones de FDM y Polyjet en la fabricación de autopartes de automóviles. *Enfoque UTE*, 10(3), 13-29.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n3.414>
- Briceño, B., Rocha, J., & Chamba, E. (2019). Tecnologías de impresión 3D: evaluaciones de FDM y Polyjet en la fabricación de autopartes de automóviles. *ResearchGate*, 10(3), 13-29. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n3.414>
- Carrasco, M. (2019). FDM o modelado por deposición fundida, te explicamos todo!  
[https://www.3dnatives.com/es/modelado-por-deposicion-fundida29072015/.](https://www.3dnatives.com/es/modelado-por-deposicion-fundida29072015/)
- Casalet, M. (2018). "La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos", *Documentos de P(LC/TS.2018/95), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).royectos.*
- Cedeño Alvarado, B. J. (2018). *Estudio para el modelado e impresión 3D de autopartes*. Facultad de Mecánica Automotriz.UIDE.Guayaquil.82p.  
<http://repositorio.iude.edu.ec/handle/37000/2763>
- Cho, E., Hein, H., & Tran, T. (2019). Investigation on Influence of Infill Pattern and Layer

Thickness on Mechanical Strength of PLA Material in 3D Printing Technology.

*ASEAN Journal of Engineering and Technology*, 1(1), 1-12.

<https://doi.org/10.26666/rmp.ajte.2019.1.1>

Contreras, J. (2022). Aplicaciones de la impresión 3D en el sector de la automoción.

*3DNATIVES*, 1. <https://doi.org/https://www.3dnatives.com/es/aplicaciones-impresion-3d-automocion-081020202/>

Contreras, J. (2022). *Aplicaciones de la impresión 3D en el sector de la automoción*.

<https://doi.org/https://www.3dnatives.com/es/aplicaciones-impresion-3d-automocion-081020202/>

Cordova, C. (2022). Impresión 3D. <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>.

Druet, C. (2020). Impresion 3D y Cultura Market.

<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/3d/impresion-3d/proceso-de-impresion-3d/#:~:text=Es%20un%20proceso%20que%20implica,del%20objeto%20en%20tres%20dimensiones>.

Farias, R. (2022). 6 Beneficios de la impresión 3D por los que las empresas están adoptando

esta tecnología. <https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/6-beneficios-de-la-impresion-3d-por-los-que-las-empresas-estan-adoptando-esta-tecnologia/>.

Franco, F. (2022). Cómo usar la impresión 3D para el Moldeo por inyección.

<https://formlabs.com/latam/blog/impresion-3d-para-moldeo-inyeccion/>.

Guevara, K. (2018). Guía de materiales de impresión 3D: Tipos, aplicaciones y propiedades.

<https://formlabs.com/latam/blog/materiales-impresion-3d/#:~:text=Los%20materiales%20de%20impresi%C3%B3n%203D%20FDM%20m%C3%A1s%20comunes%20son%20el,impactos%2C%20resistencia%20qu%C3%ADmica%20y%20rigidez>.

- Hazal, E., & Yildirim, H. (2021). Extrusion-Based 3D Printing Applications of PLA Composites: A Review. *Coatings. Surface Modification for Additive Manufacturing: Materials, Processing, Applications and Future Challenges*, 11(4), 1-42.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/coatings11040390>
- Herrera, P., & Vicuña, A. (2022). *Manufactura de un vehículo eléctrico bi-polar*. Cuenca.
- Litardo, W. (2018). Impresión láser y funcionalidades de uso según el dispositivo.  
<https://www.quonty.com/blog/impresion-laser/>.
- Macias, P. (2021). Tipos de impresoras 3D y técnicas de impresión: una rápida visión en conjunto. <https://www.bcn3d.com/es/tipos-de-impresoras-3d-y-tecnicas-de-impresion-una-rapida-vision-en-conjunto/>.
- Marcillo, K., Mero, E., & Ortíz, M. (2021). Impresión 3d como eje de desarrollo en la industria 4.0. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 14(4), 151-160. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590504>
- Mendoza, C., & Requiniva, D. (2022). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de impresión 3D en la ciudad de Tunja*. Boyaca: Repositorio USTA.  
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/47605>
- Noroña Merchan, M., & Gómez Berrezueta, M. (2018). Análisis de una cadena de suministro de autoportes. *INNOVA Research Journal*, 3(10), 123-134.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.1.2018.890>
- Noroña, M. V., Campaña, G. G., Cañizares, F., & Villacreses, A. (2017). Análisis mecánico del brazo de biela mediante norma ATM e8. *INNOVA Research Journal*, 2(5).  
<https://doi.org/http://doi.org!10.33890/innova.v2.n5.2017.184>
- Nuñez, D. (2018). SLA: Impresión 3D por estereolitografía, ¿te explicamos todo!  
<https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-por-estereolitografia-les-explicamos-todo/>.

Ponce, L. (2018). Impresión 3D: todo lo que necesitas saber.

<https://www.cursosaula21.com/que-es-la-impresion-3d/#:~:text=Todas%20las%20impresoras%203D%20fabrican,t%C3%A9rmino%20paralelo%20de%20fabricaci%C3%B3n%20aditiva.>

Soldevilla, E. P. (2018). *Aplicación de la impresión 3D en la fabricación*. Universitat Politècnica de Catalunya.

Thapa, S. (2020). *3D Printing of Automobile Power Transmission System using tough PLA [Pregrado]*. Repositorio ARCADA.

Tobar, A. (2022). *Desarrollo de un molde de una autoparte sencilla mediante herramientas de prototipado e ingeniería inversa*. Ibarra.

Vera, T. (2020). Tecnologías de Impresión 3D. <https://www.tridimx.com/tecnologias/>.

Villarreal, C., & LLanes, E. (2019). *Alternativa para la construcción de autopartes vehicular por medio de la ingeniería inversa e impresión 3D. Caso de estudio tapa de distribución inferior del Chevrolet Spark 2015*. Quito: Repositorio Institucional UISEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3303>

## Glosario

**CAD:** Diseño asistido por ordenador. Es un programa que sirve para la creación, edición, análisis y visualización de modelos tridimensionales.

**Extrusor:** Es una pieza de la impresora 3D que empuja y tira del filamento hasta fundirlo.

**FDM:** también conocida como Modelado por Deposición Fundida es una tecnología de impresión 3D con el propósito de fabricar prototipos y producción a pequeña escala.

**Fusor:** Es la parte de la impresora 3D encargada de fundir el filamento para su deposición.

**G-code:** Es un lenguaje de programación en formato texto que especifica donde posicionar el extrusor, en horizontal y vertical, cuanto calentarlo y como disponer el filamento entre otras cosas.

**Kilonewton:** Unidad de medida de fuerza.

**Cura:** Es un software para impresora 3D, que toma el modelo en archivos STL y procede a dividirlos en varias partes, dándole forma de láminas.

**STL:** Es un formato de archivo CAD que describe la geometría de objetos 3D.

**Slicer:** software de rebanado o laminación, es una herramienta esencial en la impresión 3D, indica a la impresora que capa deberá crear y depositar.

**SolidWorks:** Es un software tipo CAD, de diseño mecánico, que utilizando un entorno gráfico basado en Microsoft Windows permite de manera intuitiva y rápida la creación de Modelos sólidos en 3D, ensamblajes y dibujos.

**Tarjeta SD:** Es una tarjeta digital segura de memoria flash extraíble utilizada para almacenar información digital, como programas y archivos.



## Anexos

### Guía Práctica

ASIGNATURA	RESPONSABLE	FECHA DE PRACTICA	DURACION DE PRACTICA

#### OBJETIVO GENERAL

Impresión 3D de Autopartes de vehículos con Aplicación de Proceso de Fundición de Hilo de Ácido Poliláctico (PLA).

#### OBJETIVOS ESPECIFICOS

Describir los procesos de fundición de hilo de PLA, en las impresiones de autopartes de vehículos.

Identificar los estándares de calidad a tomar en cuenta para la modelación de autopartes con impresión 3D.

Precaución:

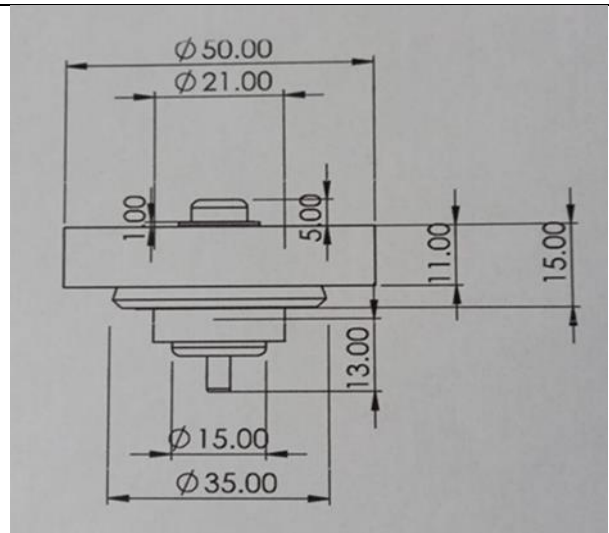
No utilizar celulares al momento de realizar la práctica y utilizar los respectivos EPP para evitar desconcentraciones y así evitar lesiones.

#### RECURSOS

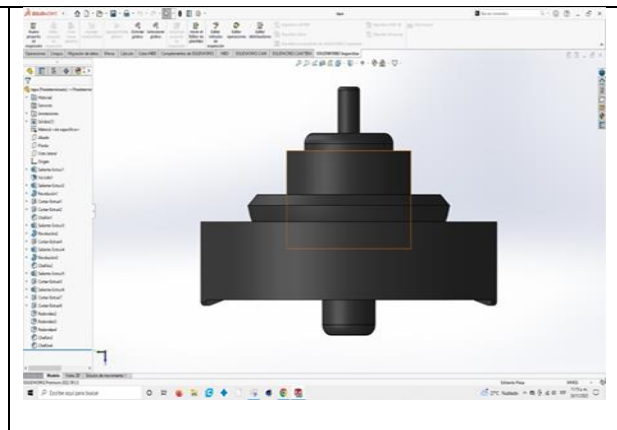
EQUIPOS	MATERIALES	INSUMOS
Impresora	Filamento de PLA	Barra de goma
Software CAD	Tarjeta SD	Espátula
		Lija
		Alcohol

## DESARROLLO DE LA PRACTICA

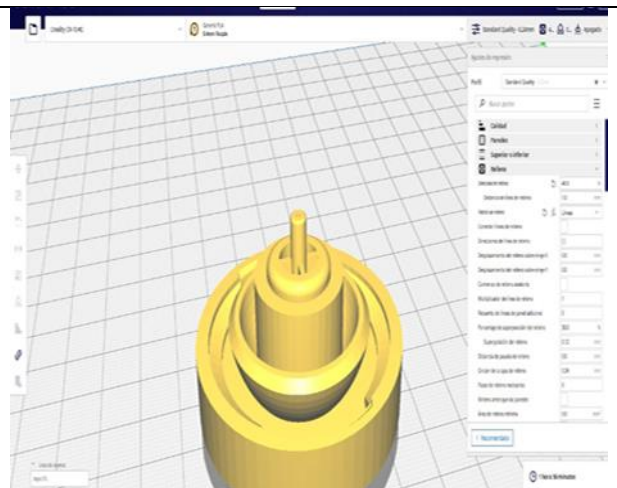
Se elabora un boceto de acuerdo con el requerimiento o necesidad



Se realiza el diseño de la idea planteada en un software CAD (SolidWorks) y se lo exporta a un archivo con extensión STL

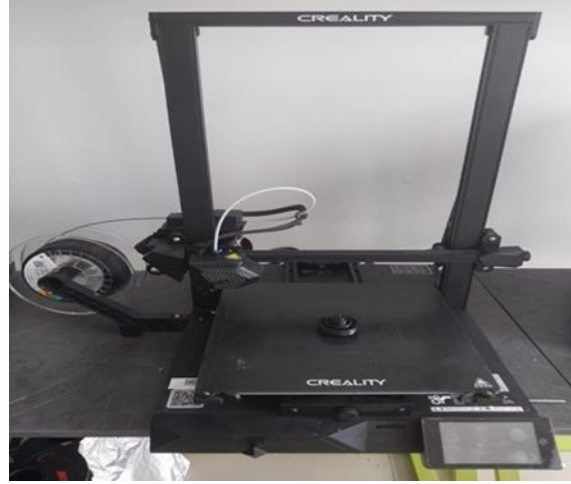


Se carga el archivo STL a un software de laminado (slicer) llamado Ultimaker Cura encargado de dividir el modelo 3D en capas y generar el archivo con extensión G-code que controla todo el proceso de impresión, desde los movimientos de los ejes hasta los detalles de la temperatura.



Impresora 3D FDM Creality CR 10

Smart



Rollo de filamento de hilo PLA



Se carga el archivo G-code en la tarjeta

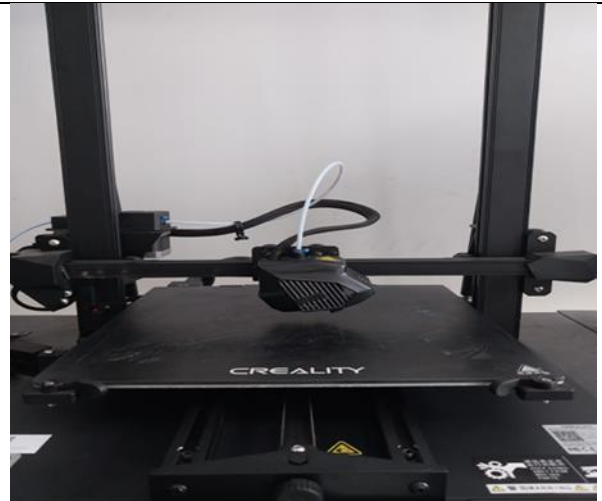
SD



Se ingresa la tarjeta SD a la impresora



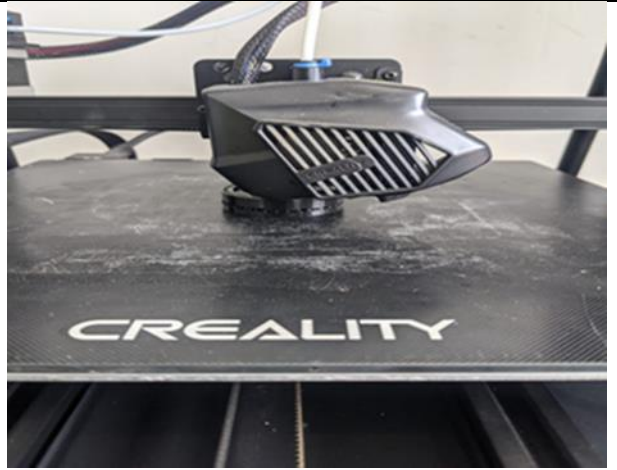
Se nivela de la cama de impresión



Se aplica pegamento en barra a la cama de impresión para facilitar el desprendimiento de la pieza



Se da inicio al proceso de impresión de autoparte



Al concluir la impresión de la autoparte se esperar 15 min para su extracción.



Autoparte concluida



<b>Elaborado por</b>	<b>Revisado por</b>	<b>Aprobado por</b>
	<b>Firma</b>	<b>Firma</b>
<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>	<b>Fecha</b>

### **Propiedades Físicas y Mecánicas del Filamento de PLA**

Punto de fusión: 180° - 230°C.

Alargamiento relativo en el descanso: 3.8%´

Resistencia a la flexión: 55.3MPa.

Resistencia de tracción: 45MPa.

Modulo elástico a tención: 3.3GPa.

Modulo elástico a la flexión: 2,3GPa.

Temperatura de transición vítrea: 84°C.

Densidad: 1.23 – 1.25 g/cm<sup>3</sup>.

Grosor de pared mínimo: 1 mm.

Precisión de impresión: +- 0.1%.

El tamaño de los detalles más pequeños: 0.3 mm.

Contracción en la fabricación de productos: no

Higroscopicidad: 0.5 – 50%

Elongación de rotura: menor que 5%

Impacto charpy: - 5KJ/m<sup>2</sup>

### **Impresora Creality CR10 Smart**

Tipo de extrusión: FDM (Sistema Bowden)

Volumen de construcción: 300 x 300 x 400 mm

Diámetro filamento: 1.75 mm.

Diámetro boquilla: 0.4 mm.

Espesor de capa: 0.1 – 0.35 mm.

Precisión: +/- 0.1mm.

Temperatura máxima extrusor: 260°C.

Temperatura máxima de cama: 100°C.

Velocidad máxima de trayecto: 180 mm/s.

Formato modelo 3D: STL, OBJ, G-Code.

Conectividad: Tarjeta SD. Wifi y cable USB.

Sistemas operativos compatibles: Windows/Mac/Linux.

Chasis: Perfiles V-Slot de aluminio.

Peso: 14Kg.

Peso neto 17.3 Kg.

Entrada: AC 100 – 265 V 50 – 60 Hz.

Salida: DC 24V 15 A 360 W.

Enchufe de enchufe de la UE.

Materiales compatibles: PLA, TPU, PETG; ABS.



