



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ CON MENCIÓN EN NEGOCIOS  
AUTOMOTRICES**

**DESARROLLO DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA LA FABRICACIÓN DE AUTOPARTES  
PLÁSTICAS CON IMPRESIÓN 3D – CASO DE ESTUDIO IBARRA**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Magíster en Ingeniería Automotriz con mención en  
Negocios Automotrices

AUTOR: Marcelo Francisco Benavides Escobar

DIRECTOR: MSc. Erik Paul Hernández Rueda

ASESOR: MSc. Jorge Luis Melo Obando

Ibarra, febrero 2025

REPÚBLICA DEL ECUADOR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**



**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 10 de febrero de 2025

Erik Paul Hernández Rueda

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

ERIK PAUL  
HERNANDEZ  
RUEDA

Firmado digitalmente por  
ERIK PAUL HERNANDEZ  
RUEDA  
Fecha: 2025.02.10 14:53:17  
-05'00'

(f)

ERIK PAUL HERNÁNDEZ RUEDA

C.C.: 1002978060



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**



**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1 IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| <b>DATOS DE CONTACTO</b>   |                                           |                            |            |
|----------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|------------|
| <b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b> | 100407645-9                               |                            |            |
| <b>APELLIDOS Y NOMBRES</b> | Benavides Escobar Marcelo Francisco       |                            |            |
| <b>DIRECCIÓN</b>           | El Olivo Alto, vía San Miguel de Arcángel |                            |            |
| <b>EMAIL</b>               | marcelo24beanvides@gmail.com              |                            |            |
| <b>TELÉFONO FIJO</b>       | 062-604671                                | <b>TELÉFONO<br/>MÓVIL:</b> | 0995422029 |

| <b>DATOS DE LA OBRA</b> |                                                                                                                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TÍTULO:</b>          | DESARROLLO DE UN PLAN DE NEGOCIOS<br>PARA LA FABRICACIÓN DE AUTOPARTES<br>PLÁSTICAS CON IMPRESIÓN 3D – CASO DE<br>ESTUDIO IBARRA |
| <b>AUTOR (ES):</b>      | Benavides Escobar Marcelo Francisco                                                                                              |
| <b>FECHA:</b>           | 10/02/2025                                                                                                                       |

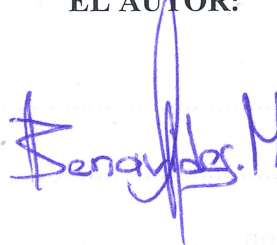
|                               |                                                                        |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>PROGRAMA DE POSGRADO</b>   | Maestría en Ingeniería Automotriz con mención en Negocios Automotrices |
| <b>TITULO POR EL QUE OPTA</b> | MSc. Ingeniería Automotriz con mención en Negocios Automotrices        |
| <b>DIRECTOR</b>               | Hernández Rueda Erik Paul                                              |

## 2 CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de febrero del año 2025

**EL AUTOR:**



Firma

Nombre: Marcelo Francisco Benavides Escobar

CI:1004076459

## INDICE DE CONTENIDOS

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN .....                                                                                | 11 |
| CAPITULO I.....                                                                              | 1  |
| EL PROBLEMA .....                                                                            | 1  |
| 1.1. Problema de investigación .....                                                         | 1  |
| 1.2. Antecedentes.....                                                                       | 2  |
| 1.3. Objetivos de la investigación.....                                                      | 4  |
| 1.3.1. Objetivo general .....                                                                | 4  |
| 1.3.2. Objetivos específicos .....                                                           | 4  |
| 1.4. Justificación. ....                                                                     | 4  |
| 1.5. Alcance. ....                                                                           | 5  |
| CAPITULO II.....                                                                             | 6  |
| MARCO REFERENCIAL .....                                                                      | 6  |
| 2.1. Marco teórico .....                                                                     | 6  |
| 2.1.1 Escases de repuestos automotrices.....                                                 | 6  |
| 2.1.2. Calidad de servicio en la venta de repuestos automotrices.....                        | 6  |
| 2.1.3. Impresión 3D de autopartes plásticas para interiores .....                            | 8  |
| 2.1.4. Materiales usados en la impresión 3D para la fabricación de autopartes<br>plásticas 9 |    |
| <input type="checkbox"/> Filamento PLA .....                                                 | 9  |
| <input type="checkbox"/> Filamento PETG.....                                                 | 10 |
| <input type="checkbox"/> Resina de Impresión .....                                           | 10 |
| 2.1.5. Máquinas y Software de impresión 3D.....                                              | 10 |
| <input type="checkbox"/> Estereolitografía (SLA) .....                                       | 11 |
| <input type="checkbox"/> Sinterización selectiva láser (STL): .....                          | 11 |
| <input type="checkbox"/> Modelado por deposición de hilo fundido (FDM) .....                 | 12 |
| <input type="checkbox"/> Impresoras 3D Resina DLP .....                                      | 12 |
| 2.2. Marco legal. ....                                                                       | 13 |
| CAPITULO III .....                                                                           | 15 |
| MARCO METODOLÓGICO. ....                                                                     | 15 |
| 3.1. Descripción del área de estudio / Descripción del grupo de estudio. ....                | 15 |
| 3.2. Enfoque y tipo de investigación.....                                                    | 15 |

|                             |                                                                                                                          |    |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.                        | Procedimiento de investigación .....                                                                                     | 15 |
| 3.4.                        | Consideraciones bioéticas.....                                                                                           | 19 |
| CAPITULO IV .....           |                                                                                                                          | 21 |
| RESUTADOS Y DISCUSIÓN ..... |                                                                                                                          | 21 |
| 4.1.                        | Autopartes Plásticas con mayor rotación con mayores escasas.....                                                         | 21 |
| 4.1.1.                      | Interpretación de la información obtenida de los Kardex de las autopartes plásticas vendidas en Ibarra durante 2023..... | 21 |
| 4.1.2.                      | Resultados de la Encuesta .....                                                                                          | 21 |
| 4.1.3.                      | Análisis de los datos obtenidos.....                                                                                     | 25 |
| 4.2.                        | Proceso de Impresión .....                                                                                               | 26 |
| 4.2.1.                      | Proceso de impresión 3D con mayor adaptabilidad al mercado automotriz actual.....                                        | 26 |
| 4.2.2.                      | Pruebas de fabricación de autopartes plásticas con impresión 3D .....                                                    | 28 |
| □                           | Diseño de las piezas seleccionadas mediante software de modelado mecánico.....                                           | 28 |
| □                           | Resolución y Detalle de las autopartes fabricadas con impresión 3D.....                                                  | 31 |
| □                           | Dimensionalidad de las autopartes fabricadas con impresión 3D.....                                                       | 34 |
| □                           | Resistencia Mecánica .....                                                                                               | 35 |
| 4.3.                        | Costo – Beneficio autopartes plásticas fabricadas con impresión 3D .....                                                 | 41 |
| 4.3.1.                      | Análisis de costos de las autopartes plásticas con mayor rotación que tienen una fabricación tradicional .....           | 41 |
| 4.3.2.                      | Presupuesto de autopartes plásticas fabricadas con impresión 3D.....                                                     | 41 |
| □                           | Depreciación y consumo de la impresora 3D de tipo FDM.....                                                               | 41 |
| □                           | Depreciación y consumo de la impresora 3D de tipo SLA.....                                                               | 42 |
| □                           | Costo del material mediante impresión FDM con filamento tipo PLA .....                                                   | 43 |
| □                           | Costo del material mediante impresión FDM con filamento tipo PETG.....                                                   | 45 |
| □                           | Costo del material mediante impresión SLA con resina .....                                                               | 46 |
| □                           | Costo del tiempo de diseño de la autoparte plástica a fabricar .....                                                     | 48 |
| □                           | Costo total de la fabricación de autopartes plásticas impresas con 3D.....                                               | 48 |
| 4.4.                        | Factibilidad de la implementación de un centro de impresión 3D para autopartes plásticas en la ciudad de Ibarra.....     | 49 |

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4.1. Comparar la calidad de las autopartes plásticas versus las de fabricación tradicional ..... | 49 |
| 4.4.2. Rentabilidad de la fabricación de autopartes plásticas con impresión 3D .....               | 50 |
| CONCLUSIONES.....                                                                                  | 53 |
| RECOMENDACIONES .....                                                                              | 54 |
| REFERENCIAS .....                                                                                  | 55 |
| ANEXOS .....                                                                                       | 59 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 1. Impresora 3D común. [11].....                                                | 8  |
| Fig. 2. Proceso por medio de laser y resina SLA. [17] .....                          | 11 |
| Fig. 3. Máquina 3D de sinterización láser. [15].....                                 | 11 |
| Fig. 4. Se muestra una máquina 3D tipo FDM. [15].....                                | 12 |
| Fig. 5. Proceso de extrusión de material FDM. [17].....                              | 12 |
| Fig. 6. Proceso por medio de proyector y resina DLP. [15] .....                      | 13 |
| Fig. 7. Pasos Impresión 3D. ....                                                     | 18 |
| Fig. 8. La figura muestra la tabulación de la pregunta 1.....                        | 22 |
| Fig. 9. La figura muestra la tabulación de la pregunta 2.....                        | 22 |
| Fig. 10. La figura muestra la tabulación de la pregunta 3.....                       | 23 |
| Fig. 11. La figura muestra la tabulación de la pregunta 4.....                       | 23 |
| Fig. 12. La figura muestra la tabulación de la pregunta 5.....                       | 24 |
| Fig. 13. La figura muestra la tabulación de la pregunta 6.....                       | 24 |
| Fig. 14. La Figura muestra la tabulación de la pregunta 7.....                       | 25 |
| Fig. 15. Medición Perilla de Calefacción genuina .....                               | 28 |
| Fig. 16. Medición Botón de Parqueo genuino .....                                     | 28 |
| Fig. 17. Medición Manija Elevavidrios .....                                          | 28 |
| Fig. 18. Diseño programa de moldeado Perilla de Calefacción.....                     | 29 |
| Fig. 19. Diseño programa de moldeado Botón de Parqueo .....                          | 29 |
| Fig. 20. Diseño programa de moldeado Manija Elevavidrios .....                       | 30 |
| Fig. 21. Diseño de partes a imprimir con filamento .....                             | 30 |
| Fig. 22. Diseño de partes a imprimir en resina .....                                 | 31 |
| Fig. 23. Perilla de Calefacción impresa con 3D (PLA) .....                           | 32 |
| Fig. 24. Botón de parqueo impreso con 3D (PLA).....                                  | 32 |
| Fig. 25. Manija elevavidrios impresa con 3D (PLA).....                               | 32 |
| Fig. 26. Perilla de calefacción impresa con 3D (PETG).....                           | 33 |
| Fig. 27. Botón de parqueo impreso con 3D (PETG).....                                 | 33 |
| Fig. 28. Manija elevavidrios impresa con 3D (PETG) .....                             | 33 |
| Fig. 29. Perilla de calefacción impresa con 3D (Resina).....                         | 34 |
| Fig. 30. Botón de parqueo impreso con 3D (Resina).....                               | 34 |
| Fig. 31. Manija elevavidrios impresa con 3D (Resina) .....                           | 34 |
| Fig. 32. Fabricación tradicional – PLA – PETG – Resina (Perilla de Calefacción)..... | 35 |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 33. Fabricación tradicional – PLA – PETG – Resina (Botón de Parqueo) .....   | 35 |
| Fig. 34. Fabricación tradicional – PLA – PETG – Resina (Manija Elevavidrios)..... | 35 |
| Fig. 35. Prueba en el dinamómetro probeta con material PLA.....                   | 36 |
| Fig. 36. Fuerza vs deformación probeta fabricada con filamento PLA .....          | 37 |
| Fig. 37. Prueba en el dinamómetro probeta con material PETG .....                 | 37 |
| Fig. 38. Fuerza vs deformación probeta fabricada con filamento PETG.....          | 38 |
| Fig. 39. Prueba en el dinamómetro probeta con material de resina .....            | 39 |
| Fig. 40. Fuerza vs deformación probeta fabricada con resina .....                 | 40 |
| Fig. 41. Peso probeta PLA (15g) .....                                             | 43 |
| Fig. 42. Peso perilla de calefacción PLA (10g) .....                              | 44 |
| Fig. 43. Peso botón de parqueo PLA (20g).....                                     | 44 |
| Fig. 44. Peso perilla elevavidrios PLA (45g).....                                 | 44 |
| Fig. 45. Peso probeta PETG (25g) .....                                            | 45 |
| Fig. 46. Peso perilla de calefacción PETG (10g).....                              | 45 |
| Fig. 47. Peso botón de parqueo PETG (25g) .....                                   | 45 |
| Fig. 48. Peso manija elevavidrios PETG (50g).....                                 | 46 |
| Fig. 49. Peso probeta de resina (35g).....                                        | 46 |
| Fig. 50. Peso perilla de calefacción de resina (15g) .....                        | 47 |
| Fig. 51. Peso botón de parqueo de resina (35g).....                               | 47 |
| Fig. 52. Peso perilla elevavidrios de resina (50g).....                           | 47 |
| Fig. 53. Costo total de piezas fabricadas con impresión 3D .....                  | 49 |
| Fig. 54. Costo vs Precio de la fabricación de autopartes con impresión 3D.....    | 51 |
| Fig. 55. Precio de venta autopartes plásticas .....                               | 52 |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Resumen Kardex de ventas de autopartes plásticas.....                                                               | 21 |
| Tabla 2 Pregunta 1 – Pregunta 3 .....                                                                                       | 26 |
| Tabla 3 Pregunta 4 – Pregunta 7 .....                                                                                       | 26 |
| Tabla 4 Ensayo de tracción probeta PLA .....                                                                                | 36 |
| Tabla 5 Ensayo de tracción probeta PETG .....                                                                               | 38 |
| Tabla 6 Ensayo de tracción probeta fabricada con resina.....                                                                | 39 |
| Tabla 7 Comparación pruebas de tracción de materiales de impresión 3D .....                                                 | 40 |
| Tabla 8 Costos Unitarios de Autopartes Originales.....                                                                      | 41 |
| Tabla 9 Costo de energía eléctrica utilizada FDM.....                                                                       | 42 |
| Tabla 10 Costo de energía eléctrica utilizada SLA.....                                                                      | 43 |
| Tabla 11 Costos de Material con filamento tipo PLA .....                                                                    | 44 |
| Tabla 12 Costo de material con filamento tipo PETG .....                                                                    | 46 |
| Tabla 13 Costo de material con resina de impresión .....                                                                    | 47 |
| Tabla 14 Costo del diseño de las piezas fabricadas .....                                                                    | 48 |
| Tabla 15 Costo total de la fabricación de autopartes con filamento PLA .....                                                | 48 |
| Tabla 16 Costo total de la fabricación de autopartes con filamento PETG .....                                               | 48 |
| Tabla 17 Costo de la fabricación de autopartes con Resina.....                                                              | 48 |
| Tabla 18 Comparación de la calidad de los materiales de autopartes fabricadas<br>tradicionalmente vs con impresión 3D ..... | 50 |
| Tabla 19 Costo de fabricación vs Costo de venta autopartes fabricadas con impresión 3D ...                                  | 51 |
| Tabla 20 Precio de venta de las autopartes plásticas .....                                                                  | 52 |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
INSTITUTO DE POSGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ CON MENCIÓN EN  
NEGOCIOS AUTOMOTRICES

**DESARROLLO DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA LA FABRICACIÓN DE  
AUTOPARTES PLÁSTICAS CON IMPRESIÓN 3D – CASO DE ESTUDIO IBARRA**

**Autor:** Marcelo Francisco Benavides Escobar

**Tutor:** Erik Hernández

**Año:** 2024

**RESUMEN**

Se realizó un plan de negocios para la fabricación de autopartes plásticas para interiores de vehículos con impresión 3D, con la finalidad de cumplir la demanda del mercado actual del creciente parque automotor de la ciudad de Ibarra, debido a que en la actualidad la escasez, costos de partes y grandes tiempos de espera relacionado con los complicados procesos actuales de importación que tiene el país es necesario solventarlas con una segunda opción de compra. En tal sentido, es crucial buscar nuevas alternativas para cumplir con la demanda, especialmente para aquellas piezas plásticas de interiores como por ejemplo manijas, vinchas, botones, soportes, entre otras. Se evaluó la situación actual de fuentes confiables como lo es el área de venta de repuestos de los diferentes concesionarios de la ciudad por medio investigación documentada y la realización encuestas, con el propósito de determinar cuáles son las piezas plásticas que mayor rotación tienen, tiempos de entrega, costos y cuáles son los procesos de impresión 3D que mejor se adaptan al mercado actual. Se realizó una comparación de calidades, costos y durabilidad de las piezas plásticas impresas versus con las que se fabrican tradicionalmente para determinar la factibilidad de la implementación de un centro de impresión de 3D en la ciudad, tomando en cuenta como primer factor solventar la demanda de estas partes obtenido una rentabilidad que haga de este proyecto un negocio prospero. Se obtuvieron resultados positivos debido a que la impresión 3D es la primera alternativa a ser considerada para solventar el problema de disponibilidad de partes, además con la calidad conseguida se logra en algunos casos superar la fabricación tradicional y los precios aun que son mayores a las piezas normales tienen un rango tolerable dentro del mercado automotriz de la ciudad de Ibarra.

**Palabras Clave:** Impresión 3D, factibilidad, demanda.

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1. Problema de investigación

El crecimiento actual del sector automotriz en el Ecuador fue de “45.555 unidades nuevas entre enero y abril de 2023, según la Asociación de Empresas Automotrices de Ecuador. Eso equivale a un incremento de 11% en comparación con el mismo período de 2022” [1].

Debido a este aumento del parque automotor ecuatoriano un aspecto sumamente importante que se considero es la venta y distribución de autopartes para cumplir la demanda del mercado actual, lo cual se ha convertido en un reto para la industria automotriz, debido a la escasez, costos de partes y grandes tiempos de espera relacionado con los complicados procesos actuales de importación que tiene el país. En tal sentido, es crucial buscar nuevas alternativas para cumplir con la demanda, especialmente para aquellas piezas plásticas de interiores como por ejemplo manijas, vinchas, botones, soportes, entre otras.

En el sector de la posventa automotriz existen ciertas condiciones actuales que tomaron en cuenta como, por ejemplo, la falta de stock de autopartes en concesionarios y almacenes locales que en su mayoría son plásticas y se usan en interiores de diferentes vehículos, esto debido a varios factores como las complicaciones en importaciones y costos. A pesar de que la industria automotriz ha tenido avances positivos en el Ecuador en temas de importación de repuestos, todavía hay cierta demora en el proceso, una mayoría significativa de repuestos que se quedan en *back order* se trata precisamente de piezas plásticas y en algunos casos las importaciones son anuladas debido a que las propias marcas de vehículos carecen de ciertos componentes, por lo que se vuelve imposible conseguir las partes.

Por otra parte, las partes plásticas de los interiores de los vehículos son susceptibles a rupturas o desprendimientos de material durante su uso, por lo cual los precios de estos repuestos se incrementan.

Resulta muy difícil involucrarse en la fabricación de autopartes mediante procesos convencionales como el mecanizado o la fabricación de partes con moldes, pero existen métodos de creación de piezas que abren la posibilidad de aplicar nuevas tecnologías para producir autopartes, como por ejemplo programas de diseño y modelado y su posterior materialización mediante impresoras 3D que permiten realizar la fabricación de las partes y piezas a un menor costo. La impresión 3D resulta muy práctica para la fabricación de partes, mediante la aplicación de esta técnica se pueden fabricar piezas plásticas ya sea en singular o en gran volumen, lo que hace que su expansión pueda llegar a campos de la automoción, aeroespacial, médica y civil.

Actualmente en el Ecuador se necesita un plan de negocios concreto para implementar esta técnica de fabricación de autopartes mediante la impresión 3D en la industria automotriz, por lo que el presente trabajo desarrollará un plan sobre la incorporación de la impresión 3D en la fabricación de autopartes plásticas para interiores de vehículos, proyecto que podría servir como base para la implementación de esta tecnología en la industria automotriz del país.

## **1.2. Antecedentes**

En la última década, se han realizado diversos estudios que han generado conocimientos amplios sobre la impresión 3D, pero el presente trabajo se enfocó en realizar el plan de negocio para una determinada ciudad.

El avance de la tecnología actualmente ha impulsado la industria automotriz de forma exponencial, la impresión 3D de autopartes es generalmente una opción más rápida, más barata y fácil de usar que otras tecnologías de fabricación por adición de material. La impresión 3D o también conocida como manufactura aditiva es el proceso original de hacer objetos tridimensionales de un archivo digital, el mismo que es creado con un programa de moldeo de 3D. Durazo [2] plantea un estudio que explica como la automoción se ha ido adaptando con la impresión 3D para la obtención de autopartes e incluso prototipos de vehículos completos.

La investigación compartida por [3] explica que los componentes obtenidos por métodos de fabricación tradicional (arranque de material, conformado por deformación o moldeo) han necesitado de modelos físicos para su validación. Las técnicas de prototipado rápido que se basaron en deposición de material (impresión 3D) y que supusieron una alternativa a estos métodos tradicionales, han dado lugar a tecnologías no sólo válidas para dicho prototipado, sino con capacidad de producción de pieza final tanto singular, como de series de considerable volumen. La tecnología que comenzó en la industria con el uso de plásticos está en constante evolución permitiendo hoy día el uso desde el metal hasta el hormigón, pasando por los polímeros al alcance de usuarios particulares. Esto hace posible su expansión a ámbitos o industrias de todo tipo (automoción, aeroespacial, médica, civil, etc.), llegando hasta el uso doméstico.

De acuerdo al estudio realizado por Acosta [4] existen parámetros óptimos que permiten garantizar que las piezas impresas tengan los mejores comportamientos en cuanto a resistencia al impacto, lo que asegura su calidad utilizando materiales termoplásticos acrilonitrilo-butadienoestireno “ABS” y acrilonitrilo-acrilato-estireno “ASA”. También se emplea un arreglo ortogonal en donde se toma en cuenta espesor de capa, patrón de llenado,

densidad de llenado, ángulo de llenado, orientación, posición y plano de impresión, parámetros que se modifican en el programa de modelado. Este tipo de técnica puede ser fácilmente aplicable con el fin de desarrollar un plan de negocios para impresión de autopartes plásticas.

Nichols [5] indico que “mediante tecnología de impresión de piezas se puede conseguir autopartes escasas y de limitada producción” (p.3), logrando cumplir con la demanda del mercado automotriz actual, lo cual se debe tener presente al momento de desarrollar el plan de negocio que se realizará.

Como antecedente es importante mencionar los estudios realizados con anterioridad sobre los materiales utilizados en este proceso, con la finalidad de poder aplicarlos en el desarrollo de un plan de negocios de impresión de autopartes plásticas para interiores de automóviles en la ciudad de Ibarra. Los resultados obtenidos del estudio de [6] indican el avance de la tecnología 3D en donde se utilizan otros materiales en la impresión 3D, incluidos metales y aleaciones, polímeros, cerámicas, compuestos, materiales inteligentes, biomateriales, hormigón y más, obteniendo partes que se ajustan a lo requerido para cada rama de la ingeniería. Hace tres décadas, se desarrolló la impresión 3D y ha evolucionado en cuatro formas principales: diseño (modelos complejos y con más detalle), material (filamentos plásticos resistentes a esfuerzos de compresión y tracción), método (deposición fundida FDM, sinterización por láser selectiva SLS, fotosolidificación o estereolitografía SLA) y aplicación.

El uso del método de impresión 3D de modelado por deposición fundida (FDM) consiste en que un material sólido se calienta a temperatura de fusión con lo cual se convierte en un fluido para después ser colocado capa tras capa, tras aplicar una capa el material se solidifica para poder aceptar la siguiente capa, de esta manera se conforma un objeto en 3D. De acuerdo a Villagómez [7] la impresión 3D de modelado por deposición fundida (FDM) era exclusivo para ciertos materiales polímeros simples, lo que limitaba las aplicaciones de los objetos que eran impresos de esta manera debido a las propiedades del polímero. Por ello se han desarrollado impresoras que puedan usar materiales más complejos o bien, se han desarrollado nuevos materiales mediante su combinación parcial con otros materiales.

Se debe mencionar que al ser esta investigación un desarrollo de un plan de negocios es necesario entender la información sobre cómo funciona la postventa automotriz en el Ecuador, ya que estos conocimientos ayudan a garantizar la entrega de repuestos a talleres o clientes finales en el momento que se necesita y en lugar correcto. El estudio del mercado de postventa automotriz [8] en donde explicaron lo difícil que es lograr una alta satisfacción del cliente cuando las expectativas de servicio han evolucionado rápidamente con el tiempo y de esta forma las exigencias en tiempos de entrega, por lo que visto desde una perspectiva

comercial es fundamental conocer el mercado actual de postventa. La impresión 3D es una solución para mejorar el índice de satisfacción del cliente, y se logra cumplir con la demanda en menor tiempo.

### **1.3.Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar un plan de negocios para la fabricación de autopartes plásticas con impresión 3D en la ciudad de Ibarra.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar el conjunto de piezas o autopartes plásticas de interiores que son más necesitadas, pero de escasa disponibilidad en el sector automotriz en Ibarra.
- Seleccionar el proceso de impresión 3D que mejor se adapte para la fabricación de autopartes plásticas de acuerdo con el mercado actual.
- Estimar costos de fabricación de autopartes plásticas con impresión 3D para compararlos con las piezas que se comercializan de manera tradicional y obtener el costo - beneficio de las partes impresas.
- Analizar la factibilidad de la implementación de un centro de impresión 3D automotriz tomando en cuenta como aspecto principal la rentabilidad que se podría tener en la ciudad de Ibarra.

### **1.4. Justificación.**

La presente investigación se desarrolló un plan de negocios para la fabricación de autopartes plásticas debido a la demanda que existe en el mercado actual por incremento del parque automotor. El plan de negocios beneficiaría a empresas grandes y pequeñas dedicadas a la posventa automotriz y a su vez a los mismos propietarios de los vehículos, debido a que se podrán obtener piezas plásticas automotrices de interiores las cuales muchas veces son inexistentes.

El plan de negocios que se generó por la presente investigación permitirá suplir la demanda, obtener piezas plásticas de buena calidad y a un buen precio. Además, es importante mencionar que es un proceso amigable con el ambiente ya que no necesita de combustibles fósiles para su fabricación.

Por consiguiente, el proyecto de investigación se enfoca en satisfacer la demanda

automotriz actual del mercado ecuatoriano, mejorando las condiciones de la industria en lo relacionado a la disponibilidad, precio y calidad de autopartes plásticas.

### **1.5. Alcance.**

El presente proyecto se destinó únicamente al desarrollo de un plan de negocios para la fabricación de autopartes plásticas del interior del vehículo con impresión 3D que son mayormente necesitadas, pero tienen escasa disponibilidad en el mercado automotriz, piezas que no superen los 20 cm de ancho y largo.

Una vez que se determinó la disponibilidad de partes, se estimó costos de fabricación de piezas y se realizó una comparación costo – beneficio, se determinó si el plan de negocios tendría rentabilidad y si sería viable realizarlo en la ciudad de Ibarra en caso de ser aplicado, es importante conocer si se podría cumplir la demanda por la escasez de partes plásticas mediante la aplicación de este plan de negocios, pero sin dejar de lado la rentabilidad del negocio en sí.

El proyecto no está orientado como tal a la implementación de un negocio de impresión 3D de partes plásticas, sino únicamente a determinar la factibilidad de este plan de negocios tomando en cuenta elementos como la disponibilidad de piezas, costos, calidad y del tipo de mercado que tiene el sector automotriz en la ciudad, para ellos es importante conocer las piezas que se fabricarían con impresión 3D, entender el método de impresión que mejor se adapte a este plan de negocios y realizar el análisis de factibilidad para una futura implementación o no del plan de negocios.

## **CAPITULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1. Marco teórico**

##### **2.1.1 Escases de repuestos automotrices**

Uno de los principales problemas en la postventa automotriz radica en los escasos repuestos especialmente partes plásticas en el mercado ecuatoriano. Aunque existen varios factores uno de los que más afectación produce es el retraso en importaciones.

Ciertas marcas decidieron dejar de importar autopartes por disposición de los proveedores del exterior, ya que para los fabricantes es bastante complejo cambiar su dinámica de producción y etiquetado para poder cumplir con las medidas que solicita el INEN, ente que, si bien no establece restricciones a la importación de piezas, impone una serie de exigencias para importar cierto tipo de partes automotrices. Lo que ocasiona un gran problema para las importadoras y concesionarias de vehículos que comercializan repuestos de partes y piezas originales que no pueden abastecer el mercado por las exigencias del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) mediante reglamento sobre los mecanismos mínimos de seguridad [9].

La intervención de sector automotriz en el Ecuador es de gran importancia, ya que es una de las industrias más representativas para la economía ecuatoriana en cuanto a los ingresos que origina todas las actividades conexas a esta rama. En el tema de recaudación de impuestos se percibió más de USD 350 millones, según datos de PROECUADOR, también es el sector con mayor apertura de empleo desde diferentes ramas de esta industria, partiendo desde el ensamblaje, distribución y venta. El sector automotriz ha estimulado la generación de varias industrias productivas del sector como lo es la metalmecánica, metalúrgica, siderúrgica, electricidad, de plástico, de vidrio, petrolera entre otras industrias esenciales para la fabricación, ensamblaje y venta de vehículos. Es así como el sector automotor logra consolidarse con varios sectores para trabajar en conjunto; de esta manera poder implementar modelos productivos a su cadena de distribución.

##### **2.1.2. Calidad de servicio en la venta de repuestos automotrices**

En la actualidad es de suma importancia sobre todo en la postventa automotriz, en el área de repuestos tener conocimientos amplios en la gestión de la calidad del servicio.

Dentro del ámbito empresarial se ha reconocido la importancia de la gestión administrativa de la calidad en el servicio; este nuevo enfoque ha permitido dejar de lado la

utilización de métodos habituales dentro del manejo de las organizaciones, para que se produzca el correcto desarrollo es necesario contribuir a mejorar la eficiencia en el interior de la empresa; dicho de esta manera, la administración es un fenómeno universal encargado de generar aportes en el desarrollo de un proceso continuo dentro de las mismas.

A nivel mundial la industria automotriz cumple un papel importante en el desarrollo económico de las naciones; se ha constituido como precursora de competitividad e innovación, ha evolucionado de la mano con la tecnología, de los nuevos materiales y de procesos de manufactura más eficientes [10]. Las principales compañías de diseño y manufactura de vehículos, día a día deben innovar en nuevos modelos y prestaciones de los vehículos para atraer a nuevos clientes y fidelizar a sus clientes tradicionales. En la actualidad los vehículos deben ofrecer diversas características que llamen la atención del cliente más allá de lo referente a seguridad y confort.

En el Ecuador, la industria automotriz ha generado gran desarrollo tecnológico en los últimos 30 años, dado que contribuye al desarrollo nacional con inversiones, capacitación, tecnología y generación de divisas. “Las ensambladoras en el país, debido a su alto grado de tecnificación, son reconocidas por sus productos de alta calidad en el mercado nacional e internacional” [9].

La industria y ensamblaje en el Ecuador han permitido el desarrollo de la producción local de componentes, partes, piezas e insumos, creando un encadenamiento productivo en la fabricación de otros productos relacionados a los automotrices, maquinarias y herramientas.

El servicio post venta consiste en la atención al cliente posterior a la compra de un vehículo. El servicio post venta es una de las mejores formas de generar lealtad hacia una marca y conseguir la fidelidad de sus clientes. Un cliente satisfecho es la mejor publicidad que se puede tener, ya que incentiva el marketing de referencia. Por lo que indudablemente la impresión 3D solucionaría varios problemas existentes en la postventa automotriz del país, que es la escases de partes, tiempos muy prolongados de llegada, calidad de materiales y por supuesto el precio de venta de ciertos componentes escasos. Desde el punto de vista del cliente la calidad en el servicio puede definirse como el grado en que un servicio cumple con las expectativas, deseos y demandas de sus clientes. El juicio que el cliente realiza sobre la excelencia del servicio recibido es subjetivo, Por tanto, el nivel de calidad de los servicios prestados dependerá por una parte de comprender las necesidades del cliente y por otra parte la capacidad de la organización con que se lleve el proceso.

Actualmente la situación del sector automotor no es favorable, restricciones, incrementos arancelarios, la imposición de cupos para importar autos o componentes han

ocasionado que la industria decaiga. Las empresas del sector automotriz ecuatoriano deben potenciar los servicios postventa. Es importante ofrecer a sus clientes un adecuado servicio postventa; ya que, se genera lealtad y fidelidad hacia su empresa y por ende a la marca. El servicio postventa es un área de desarrollo clave para la capacidad competitiva de las empresas. De este modo el remplazo de partes plásticas para interiores del automóvil podría ser cubierto mediante la fabricación de piezas mediante la impresión 3D.

### ***2.1.3. Impresión 3D de autopartes plásticas para interiores***

La Impresión 3D se define como un grupo de tecnologías de fabricación por adición donde un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de material. Las impresoras 3D son por lo general más rápidas, más baratas y fáciles de usar que otras tecnologías de fabricación por adición, aunque como cualquier proceso industrial estarán sometidas a un compromiso entre su precio de adquisición y la tolerancia en las medidas de los objetos producidos. Las impresoras 3D ofrecen a los desarrolladores de producto la capacidad para imprimir partes y montajes (o prototipos) hechos de diferentes materiales con diferentes propiedades físicas y mecánicas, a menudo con un simple proceso de montaje. Las tecnologías avanzadas de impresión 3D, pueden incluso ofrecer modelos que pueden servir como prototipos de producto.

La impresión 3D es una nueva y exitosa manera de realizar la manufactura aditiva con una impresora especial que ensambla un artículo u objeto de un modelo digital 3D. El término “Manufactura Aditiva” es usado en la Industria de la impresión 3D para diferenciar este proceso de manufactura al proceso tradicional de manufactura que involucra materias primas las cuales son procesadas en varias etapas en productos terminados. [11]

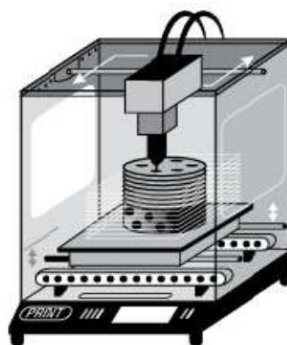


Fig. 1. Impresora 3D común. [11]

Los propósitos de la impresión 3D son: reducir costos, reducir tiempos, aumentar la

innovación y revolucionar la industria en un corto, mediano y largo plazo con la rápida evolución de la tecnología día a día con el fin de cumplir todas las exigencias de los clientes. Todo esto va de la mano con la responsabilidad medio ambiental de procesos de fabricación de partes, se trata de una tecnología que no ocupa combustibles fósiles para la obtención de autopartes.

#### **2.1.4. Materiales usados en la impresión 3D para la fabricación de autopartes plásticas**

Los sectores manufactureros tienen un problema crítico para producir productos personalizados a un costo nominal y en poco tiempo. Para abordar estos problemas, la impresión 3D es una tecnología de fabricación que evoluciona rápidamente. La impresión 3D es un tipo de fabricación aditiva que puede transformar un modelo geométrico en un producto físico al colocar materiales capa sobre capa.

A medida que avanza la tecnología, se utilizan más materiales en la impresión 3D, incluidos metales y aleaciones, polímeros, cerámicas, compuestos, materiales inteligentes, biomateriales, hormigón y más. Estos materiales son fáciles de imprimir con impresoras 3D y cada proceso se adapta para crear una determinada sustancia. A medida que los avances en los materiales y procedimientos de impresión 3D ocurren día a día, la tecnología de impresión 3D mejora y se vuelve más adecuada para aplicaciones industriales. La impresión 3D de compuestos orgánicos volátiles y aerosoles ultrafinos. El uso de materiales reciclables y biodegradables disminuye el costo del proceso de impresión 3D. [6]

Entre los materiales para impresión 3D mayormente usados se encuentran 3 en específico:

- **Filamento PLA**

El PLA (ácido poliláctico) ha sido uno de los materiales más utilizados en la última década para la impresión de prototipos 3D, el cual se manufactura mayormente en dos diámetros estándares: 1,75 mm y 3,0 mm. El filamento de 3,0 mm es de alguna manera un estándar más antiguo y poco a poco está siendo eclipsado por el de 1,75 mm que puede ser transportado y empujado por la boquilla para ser extruido con un poco más de facilidad [12]. El filamento PLA es utilizado por su facilidad de uso en procesos de impresión de prototipos además que es un plástico biodegradable y respetuoso del medio ambiente derivado del

almidón. Su temperatura de fusión es de 180-230 °C. No huele mal cuando se imprime y los gases despedidos por el polímero durante el proceso de impresión no son peligrosos.

- ***Filamento PETG***

El PETG es producto de la glicolización del PET (polietileno tereftalato). Este proceso consiste en agregar ciclohexano dimetanol y reemplazar al etilenglicol, consiguiendo una cadena de átomos más larga. Con esto se consigue retardar la cristalización cuando las piezas fabricadas en PETG son sometidas a esfuerzo. Además, PET adicionado con glicol aumenta la flexibilidad del polímero y reduce su capacidad higroscópica con respecto al PET. Por su facilidad de extrusión y estabilidad térmica [13], el PETG es cada vez más usado en manufactura aditiva. El PETG usado es filamento transparente de 1,75 mm.

- ***Resina de Impresión***

Las resinas para impresoras 3D es un tipo de material líquido que se utiliza para impresoras 3D de SLA, es decir, de estereolitografía. La resina está compuesta por monómeros y polímeros fotosensibles que se solidifican cuando se exponen a la luz ultravioleta [14]. Con la resina se consiguen piezas impresas en 3D de alta resolución. Este material es recomendado para conseguir impresiones de alto grado de detalle y precisas.

### ***2.1.5. Máquinas y Software de impresión 3D***

“El término diseño en ingeniería ha cambiado significativamente con el correr de los años. Por ejemplo, para un ingeniero de los 60, este término significaba la inversión de largas horas de trabajo en una mesa de dibujo” [12]. En la actualidad, con el avance de la tecnología, el diseño CAD se ha convertido en una herramienta que permite llevar objetos físicos a un programa, en el cual se pueda modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D).

Pará esta tecnología hay diferentes niveles ya que hay softwares para principiantes como lo hay para profesionales, la diferencia está en que los profesionales están diseñados para el desarrollo de piezas mecánicas y el de principiantes traen menos funciones ya que la ideas de estos es generar piezas o modelos más sencillos.[15]

Para poder llevar estos diseños hechos en algunos de los programas anteriormente mencionados, se debe utilizar una impresora 3D, de las cuales hay varios tipos.

- ***Estereolitografía (SLA)***

Utiliza el principio de fotopolimerización para crear modelos 3D a partir de resinas sensible a los rayos UV y es muy utilizado para la producción de moldes de inyección o fundiciones, especialmente en la joyería y la odontología” [15]

Las impresoras de SLA como se muestra en la figura 15. pueden fabricar piezas precisas de forma rápida y asequible. Utilizan un láser para curar selectivamente una capa de resina, que luego se extrae y se vuelve a colocar para la siguiente capa. Normalmente, estas piezas se van «extrayendo» de la resina hacia arriba a medida que se construyen. Funcionan con un tanque de resina para imprimir en 3D foto polimérica y un rayo láser UV que recorre la forma de la capa y va solidificando la resina dando forma a la pieza capa a capa. La mayor ventaja de las impresoras 3D SLA sobre todo si las compramos con las impresoras 3D FDM es la calidad, nos permite obtener calidad de micras e imprimir piezas realmente complejas y pequeñas. [16]

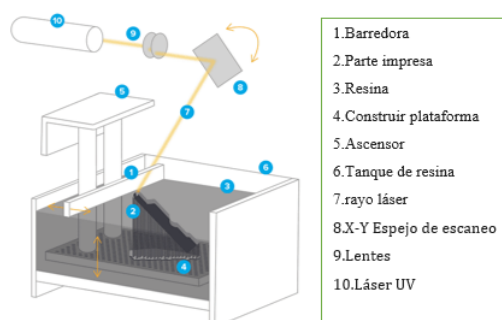


Fig. 2. Proceso por medio de laser y resina SLA. [17]

- ***Sinterización selectiva láser (STL):***

La impresión se realiza capa por capa, a partir de polvos fusionados, gracias a la temperatura generada por un láser CO2. Se utiliza en múltiples campos, desde el diseño, la industria automotriz, la aeroespacial, la ingeniería, entre otros” [15]



Fig. 3. Máquina 3D de sinterización láser. [15]

- ***Modelado por deposición de hilo fundido (FDM)***

Para esta impresión, el filamento es succionado y fundido por el extrusor de la impresora 3D, que deposita el material de forma precisa capa por capa sobre la cama de impresión. Esta es una técnica utilizada en muchos campos: aeroespacial, automotriz, arquitectura, medicina, decoración, arte y hasta cocina

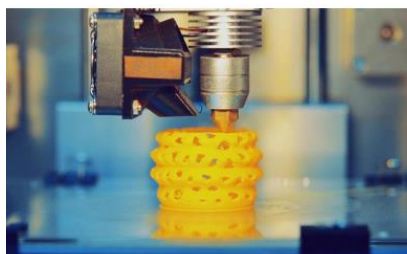


Fig. 4. Se muestra una máquina 3D tipo FDM. [15]

Trabajan mediante proceso de extrusión de material en impresión 3D como se muestra en la figura 5. Este proceso se desarrolla en un motor que empuja el filamento de plástico, el cual pasa por una boquilla previamente calentada, lo derrite y lo deposita sobre la cama o base de la impresora, en las coordenadas que le hemos indicado. Una vez depositado el filamento sobre la base se enfría, posteriormente se va añadiendo filamento sobre el mismo dándole forma capa a capa a la pieza que le hemos mandado a construir. Estas impresoras dan una precisión dimensional de más o menos un 0,5 % [16]

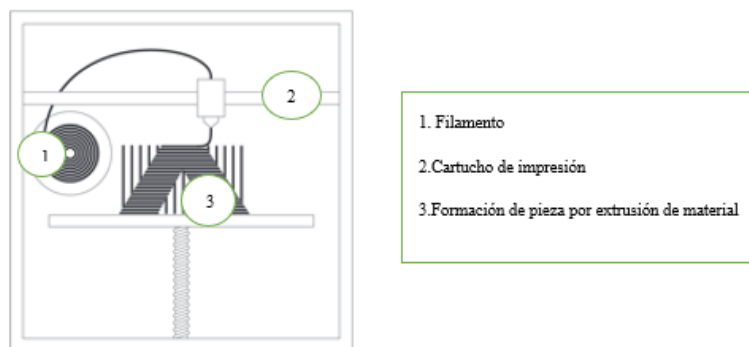


Fig. 5. Proceso de extrusión de material FDM. [17]

- ***Impresoras 3D Resina DLP***

El DLP como se muestra en la figura 6. puede utilizarse para fabricar rápidamente piezas de fotopolímero. Estas impresoras funcionan del mismo modo que las impresoras de SLA, pero sustituyen el láser accionado por un proyector que puede curar toda una capa a la vez. Estas pueden llegar a utilizar más resina. [14]

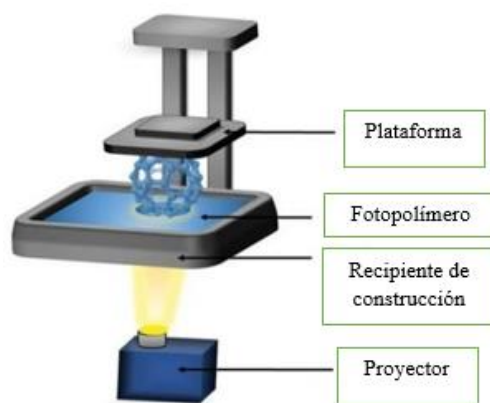


Fig. 6. Proceso por medio de proyector y resina DLP. [15]

## 2.2. Marco legal.

De acuerdo con la constitución de la Republica del Ecuador en el Art 284 que habla sobre la política económica, se asegura “Incentivar la producción nacional, la productividad y competitividad sistémicas, la acumulación del conocimiento científico y tecnológico, la inserción estratégica en la economía mundial y las actividades productivas complementarias en la integración regional” con esto asegurando así las garantías necesarias para operar con total confianza en la fabricación de autopartes plásticas mediante nuevas tecnologías de impresión 3D.

Para el presente proyecto de investigación fue fundamental entender las leyes y decretos que están ligados a la fabricación de autopartes automotrices. De acuerdo a la **ley 76 del SISTEMA ECUATORIANO DE LA CALIDAD**, conformado por el artículo 15 en donde El Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN tiene las funciones de realizar análisis técnicos respectivos, normas, reglamentos técnicos y procedimientos metrológicos, además de promover programas orientados al mejoramiento de la calidad y apoyar, de considerarlo necesario, las actividades de promoción ejecutadas por terceros. Se desarrolla un Plan Nacional de Normalización que apoye la elaboración de reglamentos técnicos para productos fabricados en el país. El INEN actuara como organismo de evaluación de la conformidad competente a nivel nacional. El artículo 17 en relación con el INEN, corresponde al Ministerio de Industrias y Productividad con los siguientes deberes y atribuciones: determinar los lineamientos generales de la política de acción del instituto, aprobar las propuestas de normas o reglamentos técnicos y procedimientos de evaluación de la conformidad. Las normas técnicas voluntarias emitidas por el INEN, tendrán carácter de oficiales y deberán cumplir con el Código de Buena

Conducta para la Elaboración.

Al ser un trabajo de investigación el cual no utilizo combustibles fósiles para la fabricación de autopartes plásticas sino más bien máquinas que normalmente funcionan con electricidad se debe tomar en cuenta la **LEY ORGÁNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA – Suplemento del Registro Oficial No. 449**. En donde en el artículo 1 se promueve el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país; fomentar la competitividad de la economía nacional, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, aportar mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de las personas a vivir en un ambiente sano y a tomar decisiones informadas. De acuerdo al artículo 2 “Declaración de Interés Nacional” se declara de interés nacional y como política del Estado, el uso eficiente, racional, sostenible de la energía, en todas sus formas, como elemento clave en el desarrollo de una sociedad solidaria, competitiva en los productivo y preocupada por la sostenibilidad económica y ambiental.

De acuerdo al GOB [13] los tramites o requisitos obligatorios para abrir un centro de impresión 3D de autopartes plásticas son: registro del representante legal del establecimiento en la página Web del Ministerio de Gobierno, registro Único de Contribuyentes (RUC), patente Municipal, licencia única de actividad económica o su equivalente, comprobante de Ingreso por Recuperación de Costos por concepto de otorgamiento de Permiso de Funcionamiento.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO.**

#### **3.1. Descripción del área de estudio / Descripción del grupo de estudio.**

La presente investigación se llevó a cabo en la provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra, la misma que podría ser aplicada en cualquier sector de la sierra ecuatoriana, ya que las condiciones para el desarrollo de un plan de negocios de impresión 3D de autopartes no varía, este estudio podrá ser usado tanto por grandes como pequeñas empresas dedicadas a la cumplir la demanda de postventa automotriz del país. Se eligió realizar este plan de negocios en la ciudad de Ibarra debido a que esta zona se adapta muy bien a los procesos de impresión 3D ya que durante el tiempo de impresión y de secado de las partes fabricadas es muy importante cuidar la temperatura del ambiente con el fin de obtener piezas con gran precisión en tamaño y una muy buena calidad. La presente tesis empieza su grupo de estudio en las diferentes concesionarias de la ciudad de Ibarra, específicamente con los asesores de repuestos de cada casa comercial, para posteriormente obtener información necesaria para enfocar el estudio en prototipos realizados con impresión 3D de autopartes plásticas.

#### **3.2. Enfoque y tipo de investigación.**

En el presente estudio se realizó una investigación aplicada ya que se centra en resolver un problema específico mediante el uso de nuevas tecnologías en el campo automotriz, para lograr satisfacer la actual demanda de autopartes plásticas en el mercado, especialmente en el área de postventa.

El proyecto de investigación presentó un enfoque ingenieril, ya que estuvo orientado a optimizar la tecnología de impresión 3D para ser aplicada en la fabricación de autopartes plásticas de interiores de vehículos con el fin de solventar problemas como la demora en importaciones de partes, calidad de materiales, precios finales de venta a clientes y reducción de índices contaminantes en la industria automotriz.

#### **3.3. Procedimiento de investigación**

##### **3.3.1. Fase 1: Determinación de piezas y autopartes más solicitadas en Ibarra.**

**Actividad 1:** “Obtener información referencial de autopartes plásticas vendidas en Ibarra en concesionarios durante el año 2023.”

Se obtuvieron documentos de la venta de repuestos plásticos en la ciudad, archivos PDF

como lo son Kardex de repuestos en donde se pudo determinar mayor rotación, fecha de venta, códigos de parte, descripción y precios. Esto con el fin de recopilar la información necesaria para la elaboración del presente proyecto. Toda esta información se recopiló con la ayuda de una carta generada por la Universidad Técnica del Norte (Anexo 1) en donde se solicita la ayuda de los empresarios de la ciudad en este caso a las concesionarias automotrices para compartir la información necesaria para realizar este plan de negocios.

**Actividad 2:** “Aplicación de una encuesta digital para determinar las autopartes plásticas con mayor demanda.”

Con la ayuda de una metodología cuantitativa y un cuestionario digital el cual se realizó a los asesores de repuestos de los diferentes concesionarios automotrices de la ciudad de Ibarra en donde se formularon preguntas claves para determinar cuáles son los repuestos plásticos que mayor rotación tienen, pero menos disponibilidad existe en el mercado. Para realizar esta actividad se realizó la encuesta a las áreas de repuestos de todos los concesionarios de la ciudad de Ibarra, entre ellos están: ASSA, Imbauto, Grupo Roldan, Mavesa, Comercial Hidrobo, Quito Motors, ASIAUTO.

**Pregunta 1:** ¿Como considera que se puede solucionar de forma económica y sencilla la falta de disponibilidad de autopartes plásticas sobre todo para modelos de vehículos descontinuados?

- a. Impresión 3D
- b. Fabricación tradicional por moldes
- c. Realizando adaptaciones de las autopartes disponibles

**Pregunta 2:** ¿Dentro de las autopartes plásticas distribuidas en el concesionario usted considera que el segmento que más rotación tiene es?:

- a) Molduras interiores
- b) Tapizados plásticos
- c) Botones, tapas, perillas

**Pregunta 3:** De las opciones siguientes cuales son las autopartes plásticas que mayor demanda tienen de acuerdo con su experiencia:

- a) Manija levanta vidrio
- b) Perilla control de calefacción
- c) Switch de parque
- d) Tapa inferior guardachoque

**Pregunta 4: ¿Cuánto tiempo se demora su área de repuestos en conseguir la autoparte plástica que mayor rotación tiene?**

- a) De 1 a 3 días
- b) De 4 a 6 días
- c) De 7 a 9 días
- d) De 30 a 60 días (importación)

**Pregunta 5: ¿Usted cree que el cliente final pagaría un porcentaje más del valor total de la pieza si se consigue en un menor tiempo al habitual?**

- a) SI
- b) NO

**Pregunta 6: Si la respuesta a la pregunta anterior fue SI, ¿qué porcentaje más cree que el cliente estaría dispuesto de pagar?**

- a) 15% más
- b) 20% más
- c) 25% más
- d) 30% más

**Pregunta 7: ¿Cree usted que los clientes finales estarían dispuestos a reemplazar una autoparte plástica original por una que se fabrica con impresión 3D?**

- a) SI
- b) NO

**Actividad 3:** “Determinación de autopartes con mayor demanda a partir de los datos de la encuesta.” Mediante gráficos de pastel se procesa la información obteniendo datos en porcentaje con el fin de entender de forma rápida y sencilla la información.

### 3.3.2. Fase 2: Seleccionar el proceso de impresión 3D.

**Actividad 1:** “Determinar el proceso de impresión 3D.”

Con la información recopilada en el objetivo anterior y teniendo en cuenta los diferentes procesos de impresión se determinó cual es la tecnología de impresión que mejor se adapte a este plan de negocios en la ciudad de Ibarra.

**Actividad 2:** “Realizar pruebas de fabricación de autopartes plásticas con el método seleccionado.”

Utilizando los softwares de impresión y la impresora 3D se realizaron prototipos de las partes plásticas seleccionadas con el fin de realizar pruebas de impacto y determinar la calidad, resistencia y durabilidad. Entre los tipos de pruebas que se realizaron están:

- Resolución y Detalle
- Dimensionalidad
- Resistencia Mecánica
- Adherencia entre capas
- Estabilidad térmica
- Pruebas de impacto

Los pasos de impresión para la fabricación de piezas mediante tecnología 3D son los siguientes:

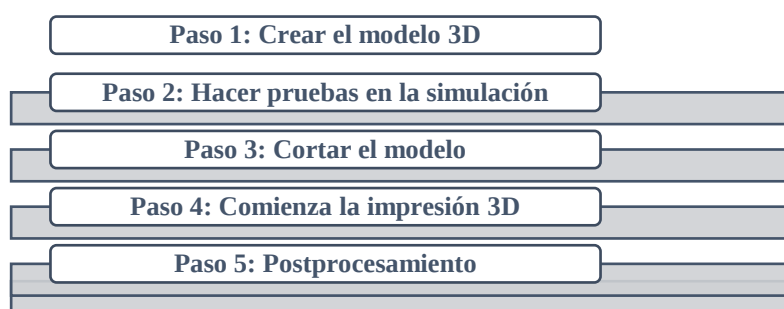


Fig. 7. Pasos Impresión 3D.

### 3.3.3. Fase 3: Estimación de costos de fabricación de autopartes plásticas.

**Actividad 1:** “Determinar el precio de autopartes plásticas vendidas en la ciudad de Ibarra con mayor rotación.”

Esta actividad se obtuvo con la información recopilada en el objetivos número 1,

tomando en cuenta la venta de repuestos plásticos y la rotación de cada uno. Se obtuvo la información de los Kardex de venta de los diferentes concesionarios y con la ayuda de una hoja de cálculo y una tabla dinámica se determinó los costos de las piezas plásticas vendidas tradicionalmente.

**Actividad 2:** “Realizar un presupuesto para realizar la impresión en 3D de autopartes plásticas de interiores de vehículos.”

En base a la fabricación de los prototipos del objetivo anterior se estimaron los costos de fabricación, tomando en cuenta el costo de los filamentos, costo de las máquinas 3D, el valor de su depreciación anual y sus softwares, tiempo de fabricación.

- **Fase 4:** Estudio de factibilidad de implementación de un centro de impresión 3D en la ciudad de Ibarra.

**Actividad 1:** “Evaluación de la calidad de la impresión 3D en fabricación de autopartes plásticas”

Con ayuda de normas de calidad y estándares de autopartes comercializadas normalmente en el Ecuador se comparó la fabricación tradicional versus los prototipos que se fabricaron con impresión 3D.

**Actividad 2:** “Analizar los resultados obtenidos”

Con el fin de determinar si la fabricación de autopartes plásticas con impresión 3D puede reemplazar a las piezas originales o genéricas que tiene un método de fabricación tradicional dando como resultado una rentabilidad considerable. Con los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto de investigación se analizó estadísticamente si un centro de impresión 3D para autopartes automotrices en la ciudad de Ibarra generaría rentabilidad, por lo que se comprobó su factibilidad.

### 3.4. Consideraciones bioéticas.

La presente investigación se desarrolló de manera que no afecte directamente el entorno natural que nos rodea, el equipamiento utilizado no tiene gran impacto con el medio ambiente, ya que se trata de software digitales y máquinas eléctricas para la producción de autopartes plásticas. A pesar de que la impresión 3D es una técnica de fabricación de autopartes más amigable con el ambiente que la fabricación por mecanizado o por moldes, los materiales que se ocuparán como los filamentos de plásticos y polímeros pueden llegar a ser contaminantes si no se realiza el reciclaje y procesamiento de desechos adecuadamente, como por ejemplo, la reutilización de las piezas plásticas fabricadas con impresión 3D para la creación de nuevos

filamentos de impresión. El siguiente plan de negocios protege a los participantes y también contribuye a la calidad y credibilidad del estudio. Debido a las encuestas realizadas se debe tener consideraciones como el consentimiento informado de los encuestados, privacidad y confidencialidad, beneficencia y no maleficencia.

## CAPITULO IV

### RESUTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Autopartes Plásticas con mayor rotación con mayores escasas

##### 4.1.1. Interpretación de la información obtenida de los Kardex de las autopartes plásticas vendidas en Ibarra durante 2023

Este plan de negocios fue realizado en base a los datos obtenidos sobre las ventas de autopartes plásticas con mayor rotación de un concesionario de la ciudad de Ibarra “Automotores de los Sierra – ASSA”, se obtuvo información de gran aporte para este proyecto mediante los Kardex de ventas como se muestra en la tabla 1, en donde se tiene información sobre la descripción, fechas de venta, números de parte, rotación y precios de ventas de los repuestos plásticos para interiores de vehículos.

En la tabla 1 se presenta la información resumida sobre las ventas realizadas en durante el año 2023 en la ciudad Ibarra.

**Tabla 1 Resumen Kardex de ventas de autopartes plásticas**

| Autopartes Plásticas                                  | Suma de Cantidad | Máx. de Costo Unitario | Suma de Costo Total |
|-------------------------------------------------------|------------------|------------------------|---------------------|
| ⊕ ACABADO INFERIOR PANEL CUARTO TRAS RH               | 5                | 12,52                  | 55,88               |
| ⊕ CENICERO TAPIZADO PUERTA RH/ LH                     | 17               | 65,48                  | 1023,6              |
| ⊕ CUBIERTA CARCASA ESPEJO EXTERIOR DER. (PARA PINTAR) | 24               | 9,2                    | 186,73              |
| ⊕ CUBIERTA NEBLINERO RH                               | 17               | 43,85                  | 719,53              |
| ⊕ MANIJA INTERIOR LH TAPIZADO(JALADERA)               | 8                | 10,36                  | 78,74               |
| ⊕ MANIJA INTERIOR PUERTA DELANTERA                    | 5                | 10,63                  | 50,24               |
| ⊕ MANIJA LEVANTA VIDRIO ( NEGRO )                     | 112              | 3,01                   | 312,75              |
| ⊕ PARACHOQUE DELANTERO INFERIOR LH                    | 24               | 46,73                  | 1049,57             |
| ⊕ PERILLA TEMP CNTRL CALFCTR Y AC                     | 39               | 5,67                   | 209,33              |
| ⊕ REJILLA VENTILACION                                 | 6                | 53,07                  | 287,92              |
| ⊕ SWITCH PARQUEO                                      | 28               | 11,02                  | 281,07              |
| ⊕ TAPA INF. GUARDACHOQUE RH                           | 14               | 2,55                   | 33,13               |
| ⊕ TAPACUBO RUEDA                                      | 5                | 11,21                  | 52,36               |
| ⊕ VINCHA GUARDACHOQUE DELANTERO LH                    | 45               | 12,79                  | 509,21              |
| <b>Total general</b>                                  | <b>349</b>       | <b>65,48</b>           | <b>4850,06</b>      |

Nota: Esta tabla muestra las ventas que se realizaron durante el año 2023 en el concesionario ASSA – Automotores de la Sierra.

De acuerdo con la información recopilada se obtuvieron los datos necesarios con el que se realizó el presente proyecto de investigación.

##### 4.1.2. Resultados de la Encuesta

Con la información recopilada se optó por realizar una encuesta a los asesores de repuestos de los diferentes concesionarios automotrices dedicados en la postventa a la compra y venta de repuestos, esto con el fin de determinar cuáles son las autopartes plásticas con mayor rotación, tener información de primera mano cuales son las piezas que se podrían fabricar con impresión 3D y si se podrían introducir en el mercado automotriz de la ciudad de Ibarra. Esta

encuesta se realizó a los concesionarios de Comercial Hidrobo, ASSA, Imbauto, Grupo Roldan, MAVESA, Quito Motors y ASIAUTO en la ciudad de Ibarra.

De acuerdo con la figura 8 en donde se mostraron los resultados obtenidos de la pregunta 1 que se enfoca a determinar la mejor opción para solventar la falta disponibilidad de autopartes plásticas especialmente para vehículos discontinuados, se obtuvo una mayoría significativa en donde el 90% de los concesionarios de la ciudad Ibarra optarían por la impresión 3D de las autopartes plásticas.

¿Cómo considera que se puede solucionar de forma económica y sencilla la falta de disponibilidad de autopartes plásticas sobre todo para modelos de vehículos discontinuados?

10 respuestas

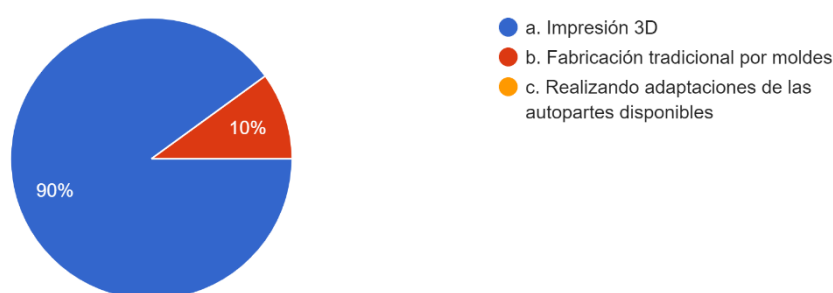


Fig. 8. La figura muestra la tabulación de la pregunta 1

La pregunta 2 hizo referencia al segmento de autoparte plástica que mayor rotación tiene en los concesionarios automotrices de la ciudad de Ibarra, se tomó en consideración piezas de interiores las cuales se dividen en molduras, tapizados y piezas pequeñas de los tableros de instrumentos y puertas. El 80% de los concesionarios de la ciudad considera que los repuestos plásticos que mayor rotación tienen son los botones, tapas, perillas de acuerdo a la figura 9.

¿Dentro de las autopartes plásticas distribuidas en el concesionario usted considera que el segmento que más rotación tiene es?

10 respuestas

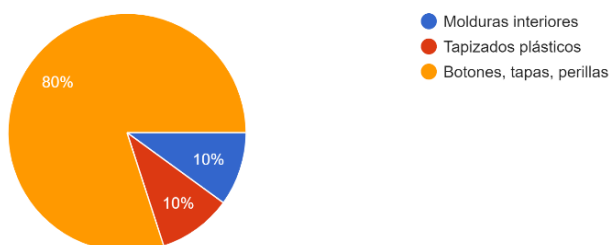


Fig. 9. La figura muestra la tabulación de la pregunta 2

Como se muestra en la figura 10 se determinó que el 40% de concesionarios de la ciudad Ibarra tienen mayor demanda de piezas como el Switch o botón de parqueo, un 30% de manijas

levanta vidrio y un 30% perillas de control de calefacción.

De las opciones siguientes cuales son las autopartes plásticas que mayor demanda tienen de acuerdo con su experiencia

10 respuestas

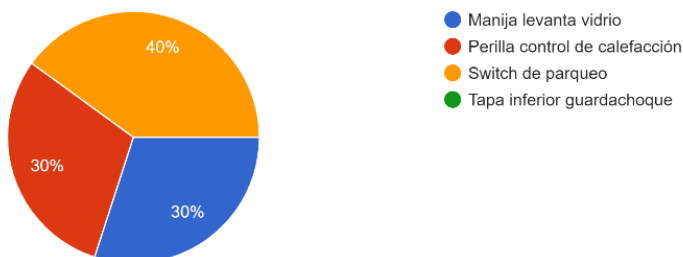


Fig. 10. La figura muestra la tabulación de la pregunta 3

En la pregunta 4 se determinó que un 50% de los concesionarios toman de 30 a 60 días en conseguir una autoparte plástica especialmente en vehículos que se encuentran descontinuados, se tomó en cuenta que esta referencia es para partes originales distribuidas por cada marca, un porcentaje considerable del 40% de los concesionarios automotrices de la ciudad se demora de 7 a 9 días en obtener la pieza para la venta al cliente final, datos que se muestran en la figura 11.

¿Cuánto tiempo se demora su área de repuestos en conseguir la autoparte plástica que mayor rotación tiene?

10 respuestas

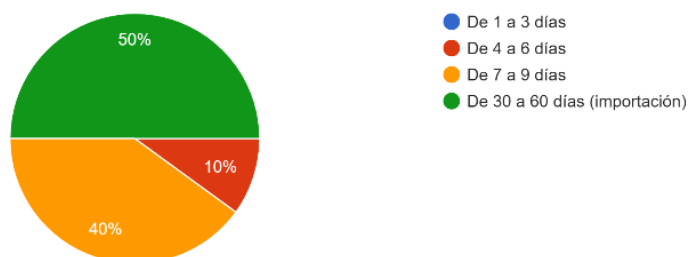


Fig. 11. La figura muestra la tabulación de la pregunta 4

De acuerdo con la figura 12 se determinó que el 100% de los concesionarios encuestados de la ciudad de Ibarra consideran que el cliente final estaría dispuesto a pagar un valor adicional por una autoparte plástica si se consigue en un menor tiempo del habitual, esto con el fin de suplir la demanda actual en tiempos considerablemente menores a los que tarda una importación o una transferencia de repuestos de otra ciudad del país.

¿Usted cree que el cliente final pagaría un porcentaje más del valor total de la pieza si se consigue en un menor tiempo al habitual?

10 respuestas

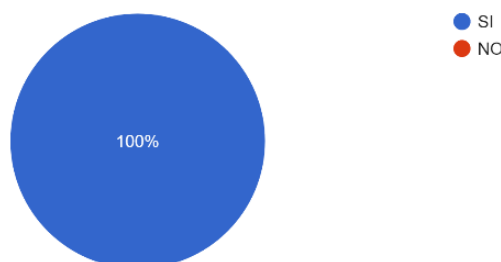


Fig. 12. La figura muestra la tabulación de la pregunta 5

En la pregunta 6 correspondiente a la figura 13 se hizo una revisión sobre el porcentaje adicional que los asesores de repuestos consideran que sus clientes estarían dispuestos a pagar por un repuesto plástico que se pueda entregar en menor tiempo al habitual, en donde la mayoría con un 40% aceptaría pagar un 20% adicional al valor final lo cual nos permite tener la certeza de que los clientes que buscan autopartes plásticas en el mercado automotriz de la ciudad de Ibarra podrían llegar a pagar un aumento considerable al normal por una pieza fabricada con impresión 3D.

Si la respuesta a la pregunta anterior fue SI, ¿Qué porcentaje más cree que el cliente estaría dispuesto de pagar?

10 respuestas

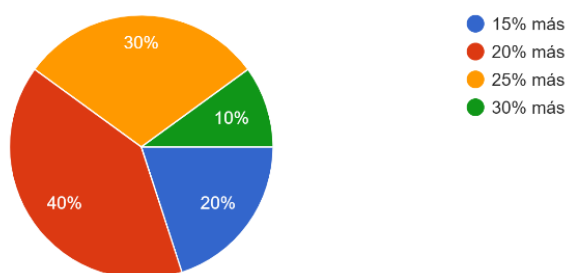


Fig. 13. La figura muestra la tabulación de la pregunta 6

De acuerdo con la figura 14 se determinó que el 90% de los concesionarios de Ibarra consideran que sus clientes estarían dispuestos a reemplazar una autoparte original por una que se fabrique con impresión 3D esto al ser una tecnología nueva, novedosa, de buena calidad y que se puede realizar en poco tiempo siempre y cuando se tengan los equipos y software necesarios para fabricar estas autopartes plásticas.

¿Cree usted que los clientes finales estarían dispuestos a reemplazar una autoparte plástica original por una que se fabrica con impresión 3D?

10 respuestas

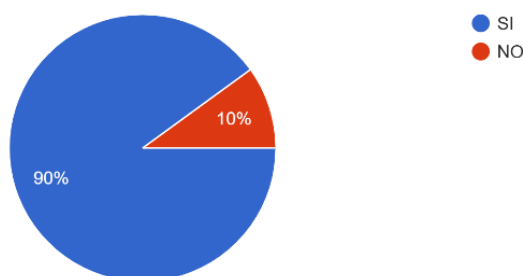


Fig. 14. La Figura muestra la tabulación de la pregunta 7

#### 4.1.3. Análisis de los datos obtenidos

De acuerdo con los resultados obtenidos en el apartado anterior se determinó que el mercado automotriz de la ciudad de Ibarra es considerable por la demanda constante de piezas y accesorios plásticos automotrices, la introducción de autopartes fabricadas con impresión 3D podría ser la solución más factible para solventar la escasez de partes plásticas. Con la información recopilada mediante la encuesta realizada a los asesores de repuestos de los diferentes concesionarios automotrices de la ciudad de Ibarra se obtuvieron datos importantes con los cuales se puede aseverar de primera mano que la impresión 3D es la alternativa más considerada en el mercado de autopartes originales para ser reemplazadas por falta de disponibilidad especialmente en modelos descontinuados.

Las piezas con mayor demanda y rotación son partes pequeñas del interior del automóvil, como lo son botones, manijas y perillas, además se determinó que los clientes finales estarían dispuestos a sustituir piezas originales por las fabricadas con impresión 3D siempre y cuando se pueda disminuir el tiempo de entrega significativamente evitando así tiempos de importación. Con la impresión 3D se puede transformar significativamente el sector automotriz de la ciudad de Ibarra ya que se logra realizar piezas personalizadas de manera eficiente, lo que satisface las necesidades de los clientes en Ibarra, en donde el parque automotor tiene una creciente demanda.

La impresión 3D permite realizar diseños más complejos y optimizados, lo que puede mejorar la eficiencia y el rendimiento de autopartes tradicionales, como los componentes del interior de vehículos, de esta manera se dará un reemplazo a métodos tradicionales de fabricación, con lo que se puede suplir la demanda a buenos precios y reducir el impacto

ambiental de las fábricas de partes plásticas tradicionales, produciendo menos desperdicios y optimizando recursos.

A continuación en la tabla 2 y tabla 3 se realiza un resumen sobre lo más relevante en la encuesta realizada con el fin de sintetizar la información, en donde se puede verificar las respuestas obtenidas por cada concesionario de la ciudad de Ibarra, lo cual fue de utilidad para conformar el presente plan de negocios siempre teniendo en cuenta la información sobre la posventa automotriz más confiable del mercado actual, en donde por su amplia experiencia todo lo recopilado tiene una alta confiabilidad.

**Tabla 2 Pregunta 1 – Pregunta 3**

| Nombre del Concesionario (Opcional): | Pregunta 1                            | Pregunta 2               | Pregunta 3                     |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Imbauto Hyundai                      | a. Impresión 3D                       | Botones, tapas, perillas | Switch de parqueo              |
| Automotores de la Sierra ASSA        | a. Impresión 3D                       | Botones, tapas, perillas | Switch de parqueo              |
| Comercial Hibrobo Chery & Dongfeng   | a. Impresión 3D                       | Botones, tapas, perillas | Perilla control de calefacción |
| Mazda Comercial Hidrobo              | a. Impresión 3D                       | Molduras interiores      | Manija levanta vidrio          |
| Toyota Comercial Hidrobo             | b. Fabricación tradicional por moldes | Botones, tapas, perillas | Perilla control de calefacción |
| Ford Quito Motos - Imbauto           | a. Impresión 3D                       | Botones, tapas, perillas | Manija levanta vidrio          |
| Nissan Comercial Hidrobo             | a. Impresión 3D                       | Tapizados plásticos      | Manija levanta vidrio          |
| Mavesa                               | a. Impresión 3D                       | Botones, tapas, perillas | Switch de parqueo              |
| Grupo Roldán                         | a. Impresión 3D                       | Botones, tapas, perillas | Switch de parqueo              |
| Kia                                  | a. Impresión 3D                       | Botones, tapas, perillas | Perilla control de calefacción |

**Tabla 3 Pregunta 4 – Pregunta 7**

| Nombre del Concesionario (Opcional): | Pregunta 4                    | Pregunta 5 | Pregunta 6 | Pregunta 7 |
|--------------------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------|
| Imbauto Hyundai                      | De 7 a 9 días                 | SI         | 20% más    | SI         |
| Automotores de la Sierra ASSA        | De 4 a 6 días                 | SI         | 15% más    | SI         |
| Comercial Hibrobo Chery & Dongfeng   | De 30 a 60 días (importación) | SI         | 15% más    | SI         |
| Mazda Comercial Hidrobo              | De 7 a 9 días                 | SI         | 30% más    | SI         |
| Toyota Comercial Hidrobo             | De 30 a 60 días (importación) | SI         | 20% más    | NO         |
| Ford Quito Motos - Imbauto           | De 30 a 60 días (importación) | SI         | 25% más    | SI         |
| Nissan Comercial Hidrobo             | De 7 a 9 días                 | SI         | 25% más    | SI         |
| Mavesa                               | De 30 a 60 días (importación) | SI         | 20% más    | SI         |
| Grupo Roldán                         | De 30 a 60 días (importación) | SI         | 20% más    | SI         |
| Kia                                  | De 7 a 9 días                 | SI         | 25% más    | SI         |

## 4.2. Proceso de Impresión

### 4.2.1. Proceso de impresión 3D con mayor adaptabilidad al mercado automotriz actual

Para el presente proyecto de investigación se utilizó dos tipos de impresoras 3D las cuales se adaptan de mejor manera al mercado automotriz de la ciudad de Ibarra, ya que son las más comunes, económicas y están diseñadas para imprimir piezas pequeñas, pero con un buen acabado y calidad, cualidades que se buscan en el presente proyecto. El uso de impresoras 3D, tanto FDM (Modelado por Deposición Fundida) como SLA (Estereolitografía) fueron

utilizadas para la fabricación de autopartes plásticas automotrices del presente proyecto, estos tipos de tecnología 3D ha revolucionado la industria en los últimos años. Ambos procesos ofrecen ventajas y desafíos únicos los cuales se analizaron para su aplicación.

SLA: Ofrece una mayor precisión y detalles finos en comparación con FDM. Es ideal para piezas con geometrías complejas y requerimientos de alta precisión. Tiene una amplia gama de materiales disponibles, incluyendo resinas especializadas que pueden imitar plásticos automotrices estándar, como ABS y polipropileno.

Puede ofrecer una calidad superior, la velocidad de impresión es generalmente más lenta que FDM, especialmente para piezas de mayor tamaño. Las piezas impresas con SLA tienden a tener una mayor resistencia y durabilidad, especialmente cuando se utilizan resinas de alta calidad diseñadas para aplicaciones industriales.

FDM: Aunque es menos preciso que SLA, FDM puede producir piezas con suficiente precisión para muchas aplicaciones automotrices. Sin embargo, las capas visibles pueden requerir un acabado adicional. Ofrece una variedad de materiales, aunque en general, la gama es más limitada en comparación con SLA. Sin embargo, los materiales como el PLA y el PETG son comunes y adecuados para muchas aplicaciones automotrices.

También ofrece una variedad de materiales, aunque en general, la gama es más limitada en comparación con SLA. Sin embargo, los materiales como el PLA y el PETG son comunes y adecuados para muchas aplicaciones automotrices.

Si bien las piezas FDM pueden ser lo suficientemente resistentes para muchas aplicaciones automotrices, pueden ser más propensas a la delaminación y otros problemas relacionados con la adhesión entre capas.

En resumen, tanto FDM como SLA tienen su lugar en la fabricación de autopartes plásticas automotrices, cada uno con sus propias ventajas y limitaciones. La elección entre los dos dependerá de factores como la precisión requerida, el tamaño de la pieza, el presupuesto y las propiedades mecánicas deseadas. En muchos casos, una combinación de ambos procesos puede ser la solución más adecuada para satisfacer las necesidades de fabricación específicas de la industria automotriz, por este motivo se usaron estos dos tipos de impresoras 3D para la fabricación de prototipos con el fin de determinar cuál es método que mejor se adapta para fabricar piezas plásticas con esta tecnología en la ciudad de Ibarra.

#### 4.2.2. Pruebas de fabricación de autopartes plásticas con impresión 3D

Las pruebas de fabricación de autopartes plásticas automotrices mediante impresión 3D FDM y SLA son fundamentales para evaluar la viabilidad y la calidad de las piezas impresas en estos procesos. Las pruebas que se realizaron en el presente proyecto son:

- ***Diseño de las piezas seleccionadas mediante software de modelado mecánico.***

Como primer paso se realizó el diseño de las piezas seleccionadas de acuerdo con la encuesta realizada (perilla de calefacción, botón de parqueo, manija elevavidrios manual), para realizar este proceso fue necesario tomar las medidas exactas de las piezas originales que fueron fabricadas de manera tradicional como se muestra en las figuras 15, 16 y 17.



Fig. 15. Medición Perilla de Calefacción genuina



Fig. 16. Medición Botón de Parqueo genuino



Fig. 17. Medición Manija Elevavidrios

Una vez obtenidas las medidas exactas se procedió a diseñar las autopartes en un programa de modelado mecánico como se muestra en las figuras 18,19 y 20. Este proceso fue de suma importancia debido a que algunas de las piezas a fabricar tienen cierta complejidad e incluso se dividen en varias partes, para que la impresión sea de buena calidad y lo más semejante a la pieza original es necesario que esta fase se realice con precisión y exactitud.

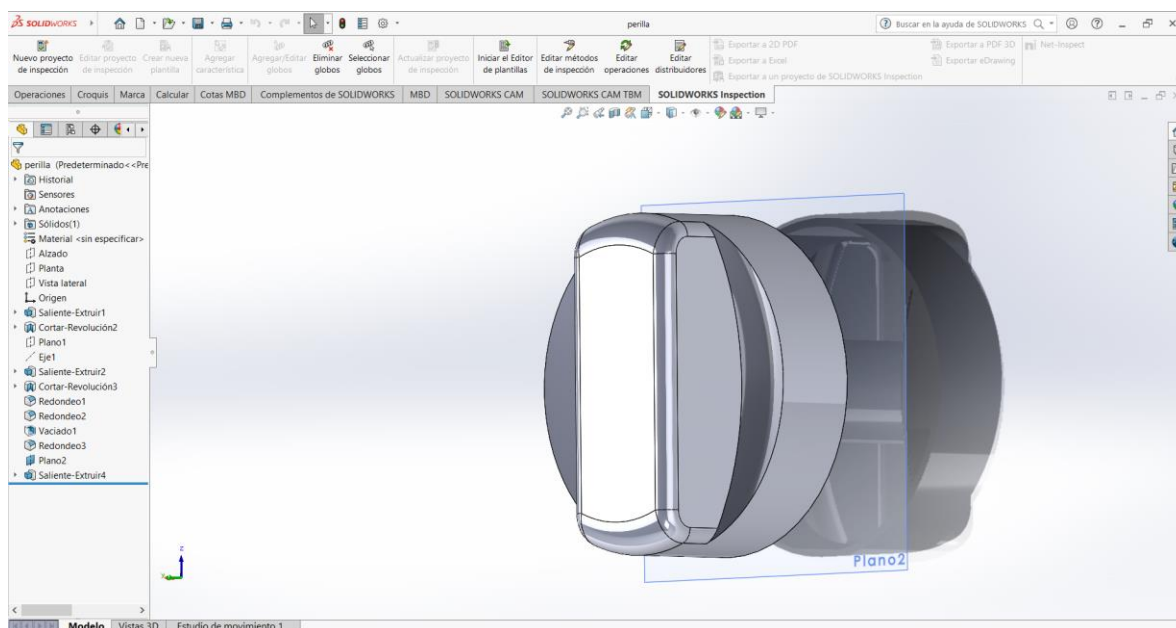


Fig. 18. Diseño programa de moldeo Perilla de Calefacción

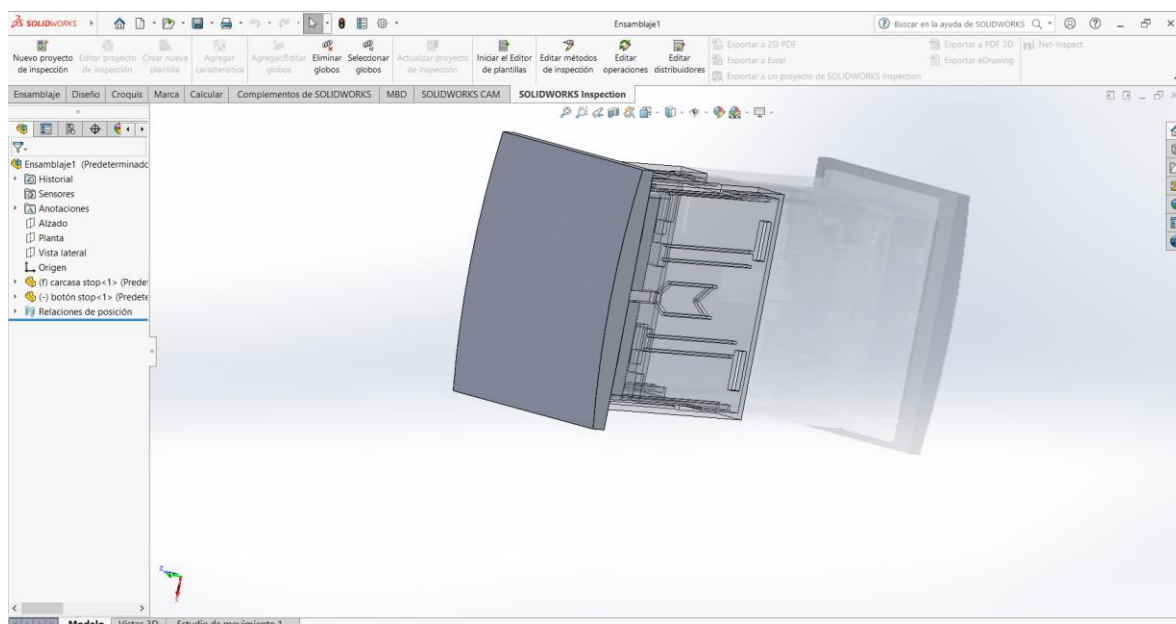


Fig. 19. Diseño programa de moldeo Botón de Parqueo

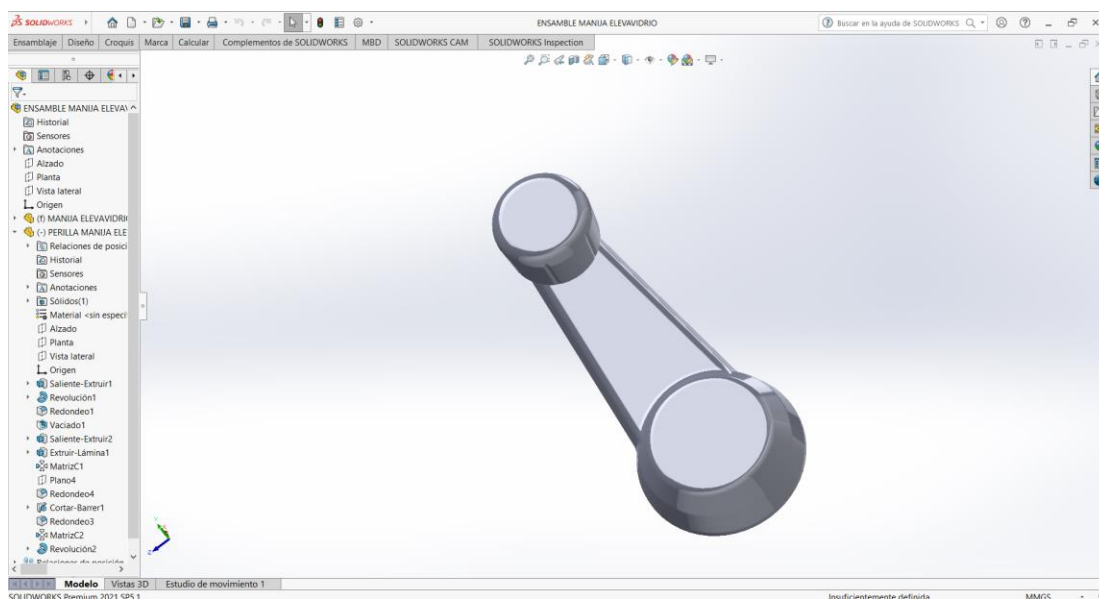


Fig. 20. Diseño programa de moldeado Manija Elevavidrios

Posterior al diseño de la autoparte en el programa de modelado, es necesario exportar el archivo en programas que sean compatibles con las impresoras 3D a utilizar. De acuerdo a la explicación del apartado anterior se utilizaron impresoras de tipo FDM en este caso la “Artillery Genius Pro” utiliza un programa gratuito en cual se agregan las piezas a fabricar, se colocan en posición y se configura el tamaño y dirección de cada capa de impresión, velocidad de impresión, material de soporte, alisada, entre otros. Como se muestra en la figura 21, esto con el fin de obtener la mejor calidad de posible al momento de imprimir.

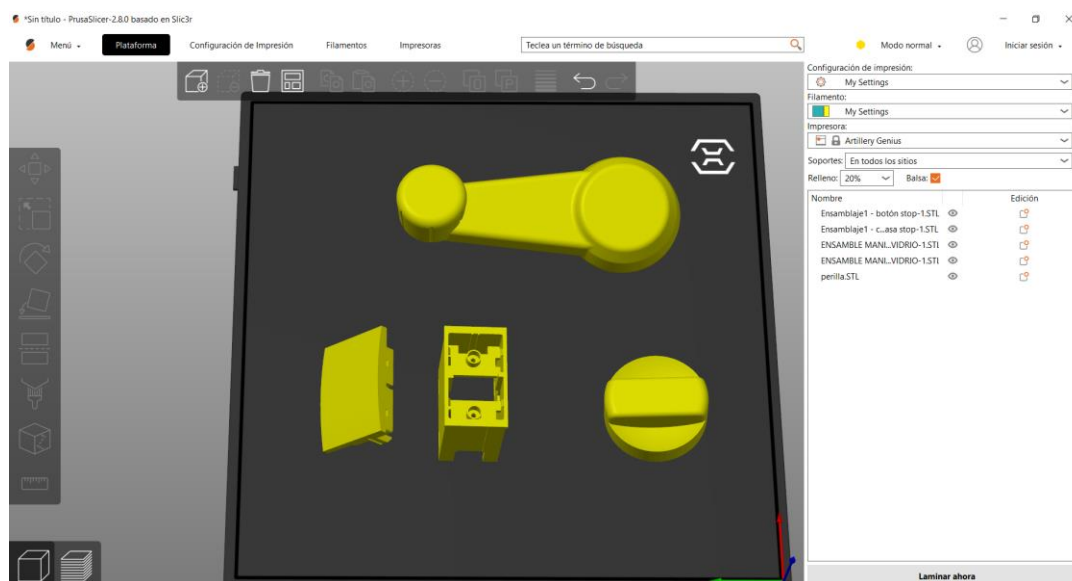


Fig. 21. Diseño de partes a imprimir con filamento

Para el caso de impresión mediante SLA se utilizó una impresora “Elegoo Saturn 2” la cual es compatible con un programa gratuito, en donde el programa ya tiene pre configurado las especificaciones de la impresora, la marca y características del material con lo cual se logra obtener parámetros de impresión adecuadas, sin embargo se puede realizar una configuración manual de las propiedades de impresión como posición en la cama de impresión, posición y tipo (fino, medio, grueso) de soportes, líneas de capa de impresión, comprobador de la pieza para verificar errores, como se muestra en la figura 22.

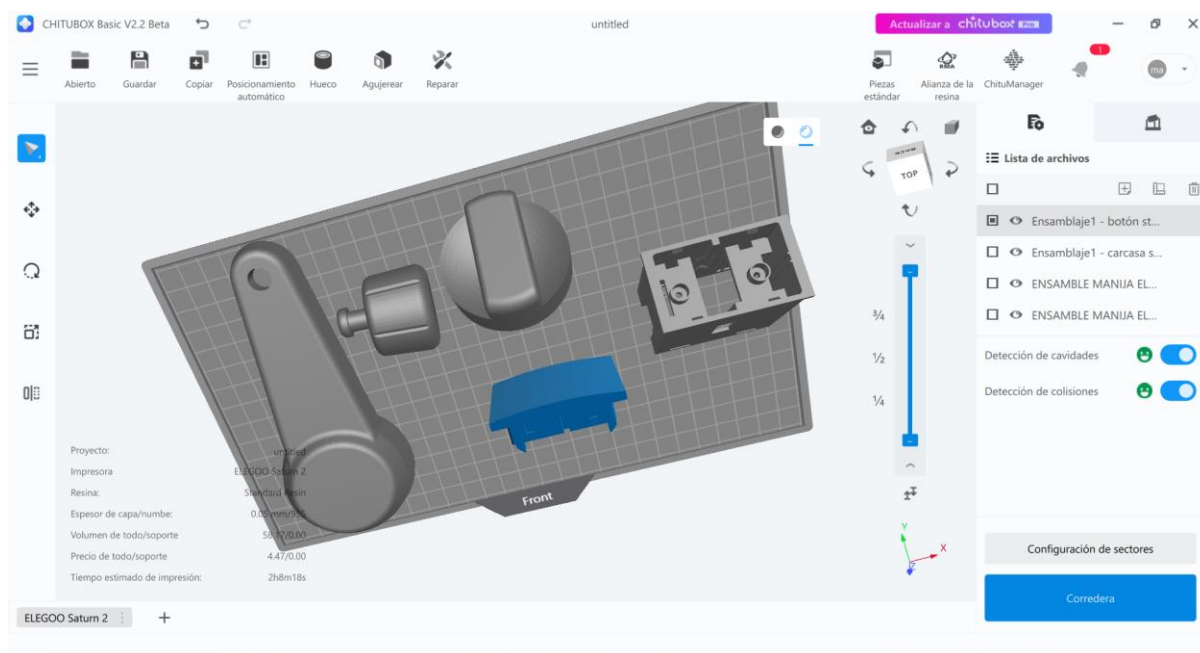


Fig. 22. Diseño de partes a imprimir en resina

- ***Resolución y Detalle de las autopartes fabricadas con impresión 3D***

Una vez que se realizó el diseño de las autopartes en el programa de modelado y se exporto a los programas de impresión 3D de filamento y resina respectivamente, se procedió a imprimir las partes, estas pueden imprimirse por separado o en conjunto dependiendo del tamaño que tengan.

Como se puede observar en la figura 23, 24 y 25 las autopartes impresas mediante filamento tipo PLA tienen las dimensiones adecuadas y son funcionales a pesar de que se observan ciertas líneas del filamento lo cual hace que la calidad de detalle no sea la mejor, es posible mejorar el acabo lijando la superficie y pintando las piezas lo que conlleva más trabajo, en este caso el resultado final se demuestro tal y como las partes salieron de la máquina de impresión, el único trabajo adicional fue retirar los soportes de impresión y limpiar las partes.

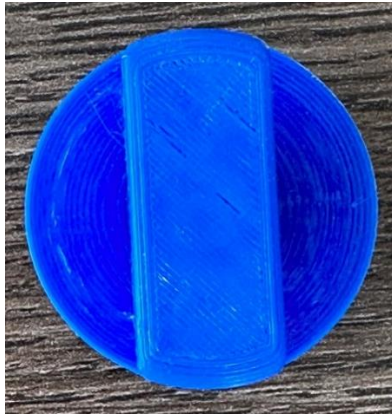


Fig. 23. Perilla de Calefacción impresa con 3D (PLA)



Fig. 24. Botón de parqueo impreso con 3D (PLA)

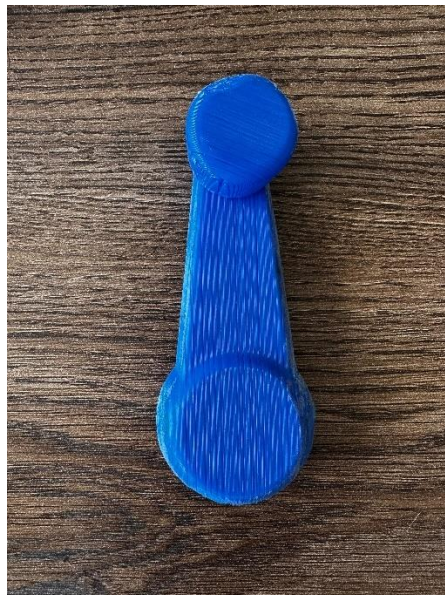


Fig. 25. Manija elevavidrios impresa con 3D (PLA)

La resolución de detalle de las autopartes plásticas fabricadas mediante impresión 3D con filamento PETG tienen una calidad aceptable, el resultado es más liso lo que da

una sensación más agradable al manipularlas y usarlas para su función como se muestra en las figuras 26, 27 y 28.



Fig. 26. Perilla de calefacción impresa con 3D (PETG)



Fig. 27. Botón de parqueo impreso con 3D (PETG)



Fig. 28. Manija elevavidrios impresa con 3D (PETG)

La mejor calidad con lo que respecta a resolución y detalle de las autopartes plásticas fabricadas con impresión 3D se obtuvo mediante el proceso de impresión tipo SLA con resina, el mismo que se asemeja o supera a la calidad de las autopartes plásticas fabricadas de forma

tradicional como se observa en las figuras 29, 30 y 31. Además las partes fabricadas con resina fueron mucho más fáciles de trabajar con lo que respecta a lijado y se obtienen mejores resultados al momento de pintarlas del color deseado, hay que tomar en cuenta que se obtiene una mejor calidad si una vez impresas las partes se procede a realizar un secado en una cámara especial de curado de resina.



Fig. 29. Perilla de calefacción impresa con 3D (Resina)



Fig. 30. Botón de parqueo impreso con 3D (Resina)



Fig. 31. Manija elevavidrios impresa con 3D (Resina)

- ***Dimensionalidad de las autopartes fabricadas con impresión 3D***

Dentro de los aspectos que se realizaron con mucho detalle y precisión estuvieron medir y escanear las piezas fabricadas de manera tradicional con el fin de obtener las medidas exactas para el diseño de las piezas en el programa de modelado y de esta forma posteriormente cuando

se realizó la impresión 3D se aseguró que las piezas tengan las dimensiones correctas igual a las originales con el fin que sean funcionales. Como se muestra en la figura 32, 33 y 34 tanto la perilla de calefacción, el botón de parqueo y la manija elevavidrios fabricados con filamento PLA, PETG y resina tienen el mismo tamaño y forma a las piezas originales.



Fig. 32. Fabricación tradicional – PLA – PETG – Resina (Perilla de Calefacción)

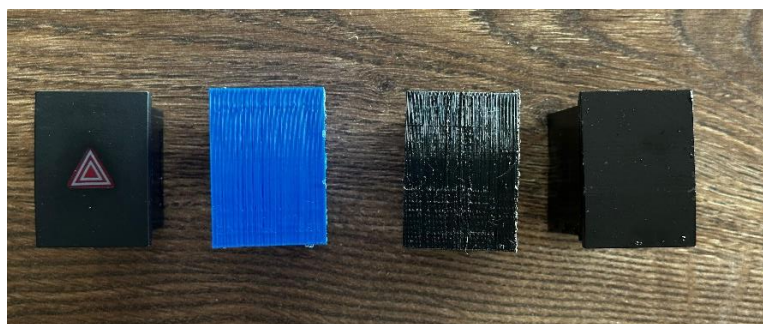


Fig. 33. Fabricación tradicional – PLA – PETG – Resina (Botón de Parqueo)



Fig. 34. Fabricación tradicional – PLA – PETG – Resina (Manija Elevavidrios)

- **Resistencia Mecánica**

Para este apartado fue necesario realizar pruebas de resistencia a la tracción de las probetas fabricadas con los diferentes materiales de impresión 3D, como lo son impresión de filamento con PLA, PETG e impresión con resina. Este estudio se realizó específicamente en el laboratorio de textiles de la Universidad Técnica del Norte previa autorización (Anexo 5) con la ayuda de un dinamómetro utilizado para plásticos y textiles, esto con el fin de determinar

cuál es el material más resistente entre los tres tipos que se fabricaron los prototipos.

Se hicieron pruebas ajustando el dinamómetro de acuerdo a la norma con la que se fabricaron las probetas que en este estudio fue la ASTM D3039 [18] en donde la velocidad de deformación es de 10mm/min aplicando una fuerza de hasta 100 KN.

Como se puede observar en la figura 35 y 36 primero se realizó la prueba de tracción de la probeta fabricada con filamento de tipo PLA, el cual arrojo resultados de resistencia a la tracción de 1609,05 N como se muestra en la tabla 4.



Fig. 35. Prueba en el dinamómetro probeta con material PLA

**Tabla 4 Ensayo de tracción probeta PLA**

| Detalles del ensayo             |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| <b>Test Name:</b>               | TRACK ASTM        |
| <b>Customer:</b>                | MARCELO BENAVIDES |
| <b>Reference:</b>               | TESIS POSGRADO    |
| <b>Material:</b>                | FILAMENTO PLA     |
| <b>Probetas:</b>                | 1                 |
| <b>Direcciones requeridas:</b>  | Urdimbre          |
| <b>Plan de Mordazas:</b>        | T27               |
| <b>Jaw Separation(s):</b>       | 183,22            |
| <b>Force Control Gain:</b>      | 25                |
| <b>Célula de carga:</b>         | 5000 N            |
| Configuración del procedimiento |                   |
| <b>Detección de rotura:</b>     | 100 %             |
| <b>Velocidad:</b>               | 10,00 mm/min      |
| Configuración de los resultados |                   |

| Urdimbre Resultados |                   |
|---------------------|-------------------|
| Probeta             | Maximum Force (N) |
| 1                   | 1609,05           |

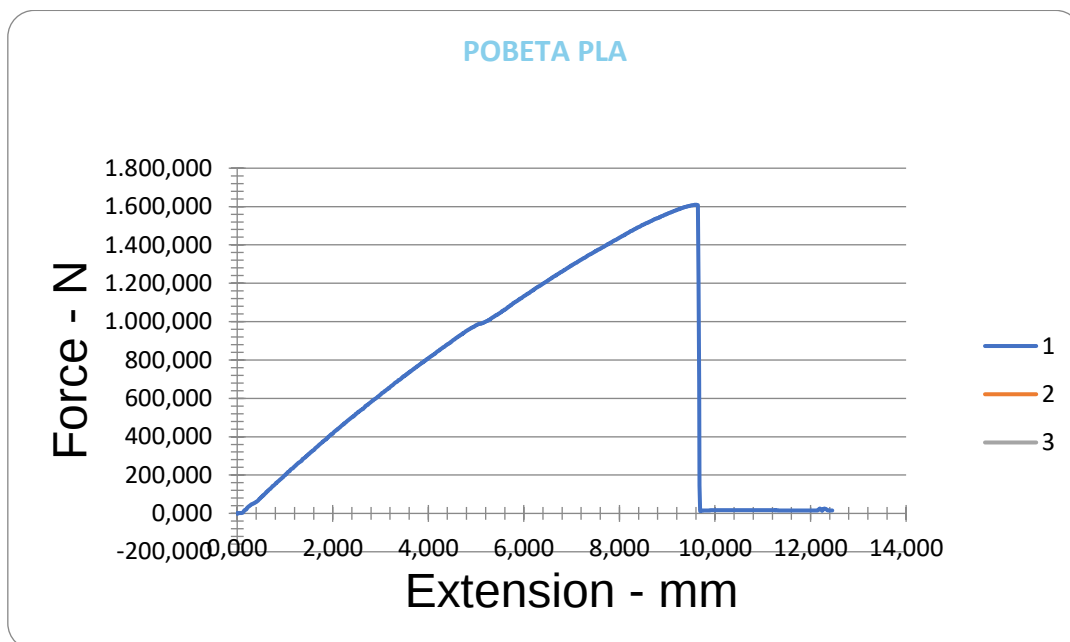


Fig. 36. Fuerza vs deformación probeta fabricada con filamento PLA

La prueba en el dinamómetro se realizó también con la probeta fabricada con filamento tipo PETG como se muestra en la figura 37 y 38 con los resultados de la fuerza aplicada antes de la ruptura y la deformación en milímetros. Este tipo de material tiene una mayor resistencia a la tracción y tolerancia a la deformación antes de la ruptura que el de tipo PLA o fabricación con resina, como se muestra en la tabla 5, obteniendo una fuerza de 2243,10 N antes de la ruptura de la probeta.

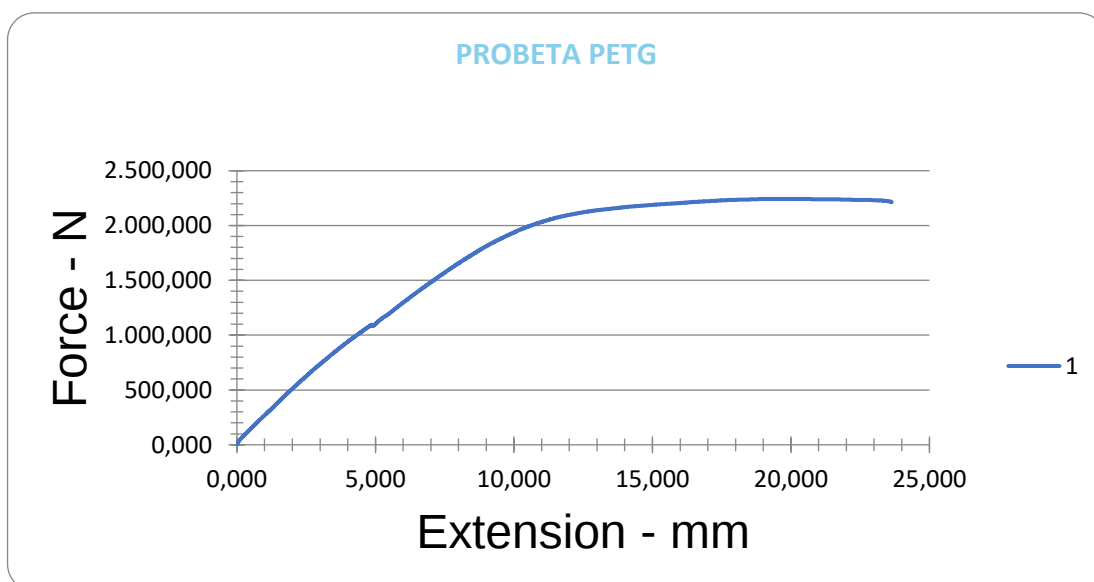


Fig. 37. Prueba en el dinamómetro probeta con material PETG

Tabla 5 Ensayo de tracción probeta PETG

| Detalles del ensayo             |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| Test Name:                      | TRACK 3                |
| Customer:                       | MARCELO BENAVIDES      |
| Reference:                      | TESIS POSGRADO         |
| Material:                       | FILAMENTO PETG         |
| Probetas:                       | 1                      |
| Direcciones requeridas:         | Urdimbre               |
| Plan de Mordazas:               | T27                    |
| Jaw Separation(s):              | 146.34                 |
| Force Control Gain:             | 25                     |
| Célula de carga:                | 5000 N                 |
| Configuración del procedimiento |                        |
| Detección de rotura:            | 100 %                  |
| Velocidad:                      | 10,00 mm/min           |
| Configuración de los resultados |                        |
| Urdimbre Resultados             |                        |
| Probeta                         | Seam Maximum Force (N) |
| 1                               | 2243,1                 |

Fig. 38. Fuerza vs deformación probeta fabricada con filamento PETG



Para completar los ensayos de tracción se realizó el mismo procedimiento a los anteriores con la probeta fabricada mediante impresión 3D de resina como se muestra en la

figura 39 bajo la norma ASTM D3039. Este es el material que mejor calidad de resolución tiene, pero presento la menor resistencia a la tracción de todos los materiales probados comparando la fuerza y deformación en la figura 40, obteniendo un valor de 836,03 N aplicados antes de su ruptura especificado en la tabla 6, fue de suma importancia tener claro estos valores para determinar cuál es el mejor material para fabricar las autopartes esto dependiendo de su función.



Fig. 39. Prueba en el dinamómetro probeta con material de resina

Tabla 6 Ensayo de tracción probeta fabricada con resina

| Detalles del ensayo             |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| Test Name:                      | TRCAK<br>ASTM 2           |
| Customer:                       | MARCELO<br>BENAVIDES      |
| Reference:                      | TESIS<br>POSGRADO         |
| Material:                       | RESINA                    |
| Probetas:                       | 1                         |
| Direcciones requeridas:         | Urdimbre                  |
| Plan de Mordazas:               | T27                       |
| Jaw Separation(s):              | 100.00                    |
| Force Control Gain:             | 25                        |
| Célula de carga:                | 5000 N                    |
| Configuración del procedimiento |                           |
| Detección de rotura:            | 100 %                     |
| Velocidad:                      | 10,00 mm/min              |
| Configuración de los resultados |                           |
| Urdimbre Resultados             |                           |
| Probeta                         | Seam<br>Maximum Force (N) |
| 1                               | 836,03                    |

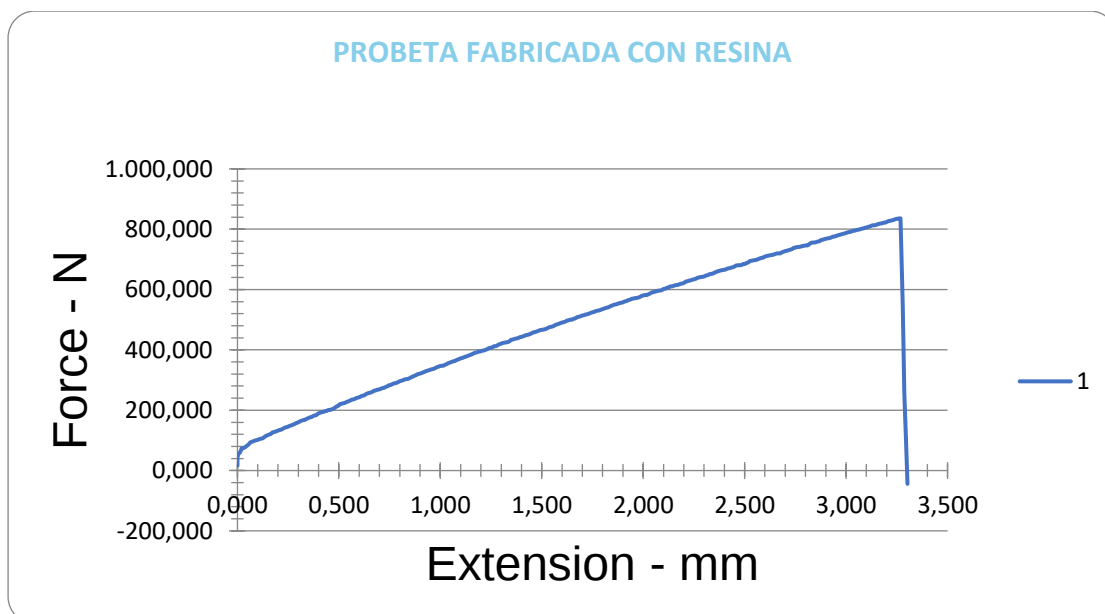


Fig. 40. Fuerza vs deformación probeta fabricada con resina

Estas pruebas ayudaron a garantizar que las autopartes plásticas fabricadas mediante impresión 3D FDM y SLA cumplan con los estándares de calidad y rendimiento requeridos para su aplicación en la industria automotriz. Además, proporcionan información importante para optimizar los parámetros de impresión y seleccionar los materiales más adecuados para cada aplicación específica. En tabla 7 se muestran los resultados comparativos de la resistencia a la tracción de cada material ya sea de filamento como PLA, PETG, e impresión utilizando resina.

**Tabla 7 Comparación pruebas de tracción de materiales de impresión 3D**

| Resistencia a la tracción probetas impresas 3D |            |                  |
|------------------------------------------------|------------|------------------|
| MATERIAL                                       | FUERZA (N) | DEFORMACIÓN (mm) |
| PLA                                            | 1609,05    | 9,06             |
| PETG                                           | 2243,1     | 20,24            |
| RESINA                                         | 836,06     | 3,27             |

De acuerdo a la tabla 7, la probeta con mayor resistencia a la tracción es la que se fabricó con filamento PETG, aunque hay que considerar que la probeta fabricada con filamento PLA y resina también presentan buenas capacidades de resistencia a la tracción y todos estos materiales pueden ser ocupados para imprimir autopartes de interiores plásticos y se adaptarán mejor dependiendo de la función que tenga cada pieza automotriz.

### 4.3. Costo – Beneficio autopartes plásticas fabricadas con impresión 3D

#### 4.3.1. Análisis de costos de las autopartes plásticas con mayor rotación que tienen una fabricación tradicional

De acuerdo con la información recopilada en el apartado 4.1. no solo se logró determinar las partes con mayor rotación, sino que además los precios unitarios de las mismas durante el año 2023.

Dentro de todas las partes se tomó como referencia las que se usaron como prototipos, que en realidad no son autopartes costosas a pesar de que en muchas de las ocasiones estas se encuentren para importar y el valor de importación es de aproximadamente un 15% más del precio original.

Es importante considerar que se tomó como referencia autopartes plásticas originales como, por ejemplo, las que se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8 Costos Unitarios de Autopartes Originales**

| Descripción                 | Número de Parte | Costo Unitario (Cu) | Costo de Importación (Cu + 15%) |
|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|
| Manija Levanta vidrio       | 96463667        | \$3,01              | \$3,46                          |
| Perilla control calefacción | 9004080         | \$5,67              | \$6,52                          |
| Switch de parqueo           | 26267110        | \$11,02             | \$12,67                         |

Nota: Esta tabla muestra los costos unitarios de las autopartes vendidas durante el año 2023 en el concesionario ASSA – Automotores de la Sierra.

Es importante considerar que los precios expuestos en la tabla 8 son referencial ya que estos pueden variar dependiendo de la marca, modelo y si se trata de partes para vehículos discontinuados, estos datos sirvieron para determinar si es posible reemplazar las piezas fabricadas de forma tradicional por las impresas con 3D.

#### 4.3.2. Presupuesto de autopartes plásticas fabricadas con impresión 3D

Para el presente apartado se determinó el costo de obtener las máquinas, materiales y software para la fabricación de piezas con impresión 3D, además se determina el costo del funcionamiento de la máquina en base a los prototipos y pruebas realizadas en el objetivo anterior. Se hará diferentes presupuestos tanto para la fabricación de autopartes con impresoras de filamento tipo PLA y PETG e impresoras de resina tipo SLA.

- **Depreciación y consumo de la impresora 3D de tipo FDM**

Como primer aspecto a considerar fue el costo de una impresora de tipo FDM en este

caso el modelo Artillery Genius Pro (Anexo 2) la cual funciona con energía eléctrica y usa filamentos para la impresión de partes.

Tomando en cuenta la página oficial de Maker Group [19] empresa dedicada a la venta de impresoras 3D en Ecuador, el valor de la maquina utilizada es de \$475 + IVA

Se calculó la depreciación de la máquina en donde se ocupó una formula sencilla con el método de unidades de producción, suponiendo que la maquina tiene una vida útil de 3 años, tiempo que garantiza una producción de 240 piezas por año con un total de 720 al final de los 3 años, suponiendo que se realiza la impresión de una autoparte diaria:

$$\text{Depreciación por unidad} = \frac{\text{Costo del Activo}}{\text{Vida útil de unidades}}$$

$$\text{Depreciación por unidad} = \frac{475}{720} = \$0,66$$

La impresora Artillery Genius Pro de acuerdo con su ficha técnica (Anexo 2) tiene un consumo de energía de 600 W/hora (0,6 KW/h), en el ecuador desde el 2020 el precio de la energía es de 9,2 centavos de dólar por cada Kilovatio – hora [20]. Por lo tanto, se determinó que este tipo de impresora 3D gasta **5,52 centavos** de energía eléctrica cada hora.

En la tabla 5 se muestra el tiempo de impresión para cada pieza fabricada y el costo de energía utilizada:

**Tabla 9 Costo de energía eléctrica utilizada FDM**

| <b>Autoparte Plástica</b> | <b>Tiempo (horas)</b> | <b>Costo de Energía (\$ centavos)</b> |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| Perilla de Calefacción    | 2,25 h                | 12,25 centavos                        |
| Botón de Parqueo          | 3,95 h                | 21,80 centavos                        |
| Manija Elevavidrios       | 3,5 h                 | 19,32 centavos                        |
| Probeta                   | 0,8 h                 | 4,42 centavos                         |
| <b>TOTAL</b>              | <b>10,50 h</b>        | <b>57,82 centavos</b>                 |

Nota: Esta tabla muestra los costos de la energía eléctrica que se utilizó para fabricar cada una de las autopartes mediante una impresora de filamento

- **Depreciación y consumo de la impresora 3D de tipo SLA**

El tipo de impresora de resina que se utilizó en este proyecto de investigación fue la Elegoo Saturn 2, que tiene un costo en el mercado actual de \$525 +IVA según la tienda “Star 3D” [17].

Se calculo la depreciación de la maquina con el método de unidades de producción, en donde la vida útil de la impresora es de 3 años ya que aproximadamente este es el tiempo de lanzamiento para las nuevas generaciones de impresoras de esta gama, en este tiempo al

igual que la impresora de filamento se asegura una producción de 240 piezas anual con total de 720 autopartes aproximadamente en 3 años.

$$\text{Depreciación por unidad} = \frac{525}{720} = \$0,73$$

La impresora de resina Elegoo Saturn 2 de acuerdo con su ficha técnica (ANEXO 3) tiene un consumo de energía de 350 W/h (0,35 KW/h), al igual que para la impresora de filamento se hizo el cálculo de 9,2 centavos de dólar por cada Kilovatio – hora, por lo que se determinó que este tipo de impresora gasta **3,22 centavos** de energía eléctrica cada hora.

En la tabla 6 se muestra el tiempo de impresión para cada pieza fabricada y el costo de energía utilizada:

**Tabla 10 Costo de energía eléctrica utilizada SLA**

| Autoparte Plástica     | Tiempo (horas) | Costo de Energía (\$ centavos) |
|------------------------|----------------|--------------------------------|
| Perilla de Calefacción | 1,2 h          | 3,86 centavos                  |
| Botón de Parqueo       | 1,97 h         | 6,34 centavos                  |
| Manija Elevavidrios    | 1,91 h         | 6,15 centavos                  |
| Probeta                | 0,4 h          | 1,29 centavos                  |
| <b>TOTAL</b>           | <b>5.48 h</b>  | <b>17,64 centavos</b>          |

Nota: Esta tabla muestra los costos de la energía eléctrica que se utilizó para fabricar cada una de las autopartes mediante una impresora de resina

- **Costo del material mediante impresión FDM con filamento tipo PLA**

El material utilizado fue un filamento de la marca SUNLU tipo PLA en donde el rollo tiene 1000g, este tuvo un costo de 19 dólares + IVA (ANEXO 4) y de acuerdo con la encuesta que se realizó en el apartado 4.1.2 se fabricaron tres autopartes plásticas que tienen mayor rotación y menor disponibilidad según los diferentes concesionarios automotrices de la ciudad. Para calcular el costo exacto de material utilizado de estas piezas se tuvo que pesar las mismas con sus soportes como se muestra en la figura 41, 42, 43 y 44 con el fin de realizar una regla de tres, obteniendo así el valor real de material.



Fig. 41. Peso probeta PLA (15g)



Fig. 42. Peso perilla de calefacción PLA (10g)



Fig. 43. Peso botón de parqueo PLA (20g)



Fig. 44. Peso perilla elevavidrios PLA (45g)

**Tabla 11 Costos de Material con filamento tipo PLA**

| <b>Autoparte Plástica</b> | <b>Peso</b> | <b>Costo (\$)</b> |
|---------------------------|-------------|-------------------|
| Perilla de Calefacción    | 10 g        | \$0,19            |
| Botón de Parqueo          | 20 g        | \$0,38            |
| Manija Elevavidrios       | 45 g        | \$0,86            |
| Probeta                   | 15 g        | \$0,26            |

Nota: Esta tabla muestra los costos unitarios únicamente del valor del material con un tipo de filamento tipo PLA por cada prototipo fabricado.

- **Costo del material mediante impresión FDM con filamento tipo PETG**

Para este tipo de material PETG se utilizó un rollo de 1000g de la marca SUNLU que tiene un costo de 20 dólares + IVA (ANEXO 4), se fabricaron las mismas piezas con este tipo de material y se utilizó el mismo método pesando las piezas con sus soportes como se muestra en las figuras 45, 46, 47 y 48 con el fin de obtener de cada una.



Fig. 45. Peso probeta PETG (25g)



Fig. 46. Peso perilla de calefacción PETG (10g)



Fig. 47. Peso botón de parqueo PETG (25g)



Fig. 48. Peso manija elevavidrios PETG (50g)

**Tabla 12 Costo de material con filamento tipo PETG**

| Autoparte Plástica     | Peso | Costo (\$) |
|------------------------|------|------------|
| Perilla de Calefacción | 10 g | \$0,20     |
| Botón de Parqueo       | 25 g | \$0,50     |
| Manija Elevavidrios    | 50 g | \$1,00     |
| Probeta                | 25 g | \$0,50     |

Nota: Esta tabla muestra los costos unitarios únicamente del valor del material con un tipo de filamento tipo PETG por cada prototipo fabricado.

- ***Costo del material mediante impresión SLA con resina***

La resina utilizada fue de la marca SUNLU, la cual tiene un costo de 55 dólares +IVA (ANEXO 4) la cual tiene una cantidad exacta de 1000 g en su envase. Se procedió a obtener los costos de material igual que con los anteriores materiales, pesando cada pieza con sus soportes como se muestran en las figuras 49, 50, 51 y 52, obteniendo el costo individualmente de cada autoparte.



Fig. 49. Peso probeta de resina (35g)



Fig. 50. Peso perilla de calefacción de resina (15g)



Fig. 51. Peso botón de parqueo de resina (35g)



Fig. 52. Peso perilla elevavidrios de resina (50g)

Tabla 13 Costo de material con resina de impresión

| Autoparte Plástica     | Peso | Costo (\$) |
|------------------------|------|------------|
| Perilla de Calefacción | 15 g | \$0,86     |
| Botón de Parqueo       | 35 g | \$1,96     |
| Manija Elevavidrios    | 50 g | \$2,75     |
| Probeta                | 35 g | \$1,96     |

Nota: Esta tabla muestra los costos unitarios únicamente del valor del material de resina de impresión.

- **Costo del tiempo de diseño de la autoparte plástica a fabricar**

Para el presente apartado se utilizó como referencia el valor del sueldo básico unificado en el Ecuador, el cual es de \$460, esto indica que la hora hombre tiene un costo de \$2.87. En la tabla 8 se observa el tiempo que duro el diseño en Solid Works de cada pieza fabricada como prototipo.

**Tabla 14 Costo del diseño de las piezas fabricadas**

| <b>Autoparte Plástica</b> | <b>Tiempo (horas)</b> | <b>Costo (\$)</b> |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|
| Perilla de Calefacción    | 1                     | \$2,87            |
| Botón de Parqueo          | 1.8                   | \$5,16            |
| Manija Elevavidrios       | 1.5                   | \$4,31            |
| Probeta                   | 0.20                  | \$0,57            |

- **Costo total de la fabricación de autopartes plásticas impresas con 3D**

Como se muestra en la tabla 15, 16 y 17 se realiza un resumen comparativo del costo total de la fabricación de las autopartes diseñadas como prototipo, sea tanto en impresión FDM con filamento PLA y PETG, como con impresión SLA con resina.

**Tabla 15 Costo total de la fabricación de autopartes con filamento PLA**

| <b>Material</b> | <b>Autoparte</b>       | <b>Depreciación de la maquina (centavos)</b> | <b>Costo de Energía (centavos)</b> | <b>Costo de Material (centavos)</b> | <b>Costo de diseño (centavos)</b> | <b>Costo total de la Autoparte \$</b> |
|-----------------|------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Filament o PLA  | Perilla de calefacción | 66 cent                                      | 12,25 cent                         | 19 cent                             | 287 cent                          | <b>\$3.84</b>                         |
|                 | Botón de parqueo       | 66 cent                                      | 21,80 cent                         | 38 cent                             | 516 cent                          | <b>\$6.42</b>                         |
|                 | Manija elevavidrios    | 66 cent                                      | 19,32 cent                         | 86 cent                             | 431 cent                          | <b>\$6.02</b>                         |

**Tabla 16 Costo total de la fabricación de autopartes con filamento PETG**

| <b>Material</b> | <b>Autoparte</b>    | <b>Depreciación maquina (centavos)</b> | <b>Costo de Energía (centavos)</b> | <b>Costo de Material (centavos)</b> | <b>Costo de diseño (centavos)</b> | <b>Costo total de la Autoparte \$</b> |
|-----------------|---------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Filamento PETG  | Perilla calefacción | 66 cent                                | 12,25 cent                         | 20 cent                             | 287 cent                          | <b>\$3.85</b>                         |
|                 | Botón de parqueo    | 66 cent                                | 21,80 cent                         | 50 cent                             | 516 cent                          | <b>\$6.54</b>                         |
|                 | Manija elevavidrios | 66 cent                                | 19,32 cent                         | 100 cent                            | 431 cent                          | <b>\$6.16</b>                         |

**Tabla 17 Costo de la fabricación de autopartes con Resina**

| <b>Material</b> | <b>Autoparte</b> | <b>Depreciación maquina (centavos)</b> | <b>Costo de Energía (centavos)</b> | <b>Costo de Material (centavos)</b> | <b>Costo de diseño (centavos)</b> | <b>Costo total de la Autoparte \$</b> |
|-----------------|------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
|-----------------|------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|

|        |                        |         |           |          |          |               |
|--------|------------------------|---------|-----------|----------|----------|---------------|
| RESINA | Perilla de calefacción | 73 cent | 3,86 cent | 86 cent  | 287 cent | <b>\$4.50</b> |
|        | Botón de parqueo       | 73 cent | 6,34 cent | 196 cent | 516 cent | <b>\$7.91</b> |
|        | Manija elevavidrios    | 73 cent | 6,15 cent | 275 cent | 431 cent | <b>\$7.85</b> |

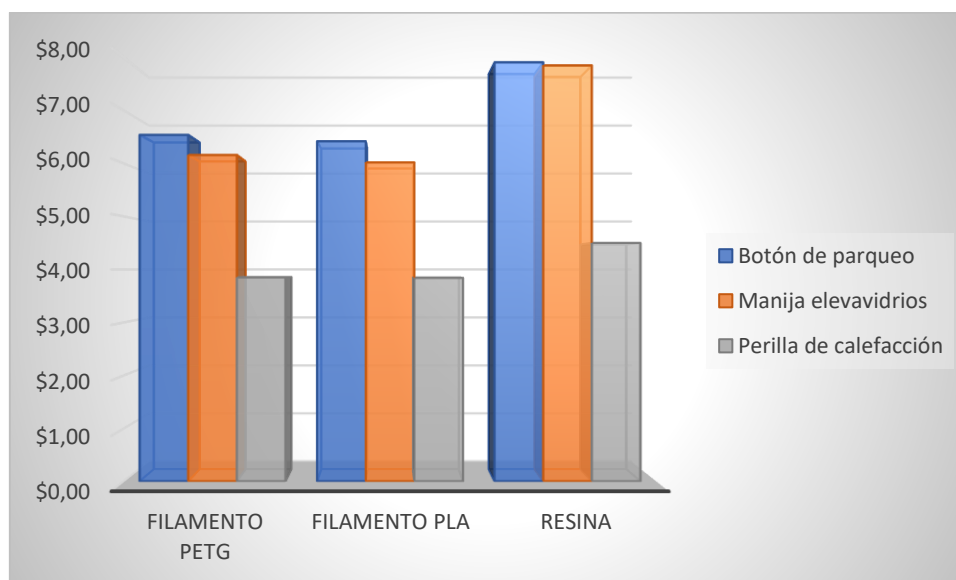


Fig. 53. Costo total de piezas fabricadas con impresión 3D

#### 4.4. Factibilidad de la implementación de un centro de impresión 3D para autopartes plásticas en la ciudad de Ibarra.

##### 4.4.1. Comparar la calidad de las autopartes plásticas versus las de fabricación tradicional

De acuerdo con el Servicio de Acreditación Ecuatoriano [22] la norma de gestión de la calidad para automóviles en el Ecuador es “IATF 16949” que es uno de los estándares más utilizados para la gestión de la calidad en la industria automotriz, la cual esta alineada y se complementa con la versión más reciente de ISO 9001, con esta norma se identifican posibles riesgos y se garantiza una calidad homogénea con estandarización en la fabricación de partes. En el apartado 7.1.5.3.1 de la norma IATF 16949 [23] se establece que las organizaciones o empresas en este caso fabricantes de autopartes plásticas en el Ecuador deben tener la capacidad de ejecutar los servicios de fabricación correctamente con estándares de procesos de la calidad de materiales relevantes que obedezcan a normas ASTM, para el caso específico de repuestos plásticos la norma ASTM D3039 con cual se realizaron las pruebas de tracción de las probetas fabricadas con los diferentes materiales de impresión (PLA, PETG, Resina), norma que se aplica para laminados simples o compuestos de fibra unidireccional o multidireccional. Hablando en términos generales de acuerdo con normas ASTM utilizadas para repuestos

automotrices plásticos como la D3039, los ensayos de tracción se realizan normalmente a una carga nominal de 5 KN [24] los cuales dependiendo del material suelen romperse hasta 2500 N y llegando a deformarse hasta 3 mm, en la tabla 18 se compara calidad de repuestos tradicionales versus los impresos con 3D tomando aspectos como resolución, resistencia a la tracción y dimensionalidad.

**Tabla 18 Comparación de la calidad de los materiales de autopartes fabricadas tradicionalmente vs con impresión 3D**

| <b>Material</b>         | <b>Resolución</b> | <b>Resistencia a la Tracción</b> | <b>Dimensionalidad</b> |
|-------------------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|
| Fabricación Tradicional | Alta              | 2500 N                           | Exacta                 |
| Filamento PLA           | Media             | 1609,05 N                        | Exacta                 |
| Filamento PETG          | Media             | 2243, 10 N                       | Exacta                 |
| Resina                  | Alta              | 836,03 N                         | Exacta                 |

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se logró determinar que la fabricación de autopartes plásticas con impresión 3D específicamente con filamento tipo PETG cumple con la norma utilizada IATF 16949 en el Ecuador para autopartes plásticas de interiores en factores como resolución, dimensionalidad y resistencia a la tracción.

Cada material del mercado tiene una calidad diferente, incluso hablando de repuestos genuinos existen diferencias entre lotes de fabricación, con lo que corresponde a autopartes plásticas para interiores de vehículos la fabricación tradicional y las que se imprimieron con 3D tiene una calidad parecida, con ciertas diferencias superficiales pero cumplen su función a la perfección y al estar dentro del vehículo y tener que soportar cargas ligeras de trabajo ya que son las que normalmente se manipulan con la mano del conductor y no sufren mayor desgaste por aplicación de fuerza.

#### ***4.4.2. Rentabilidad de la fabricación de autopartes plásticas con impresión***

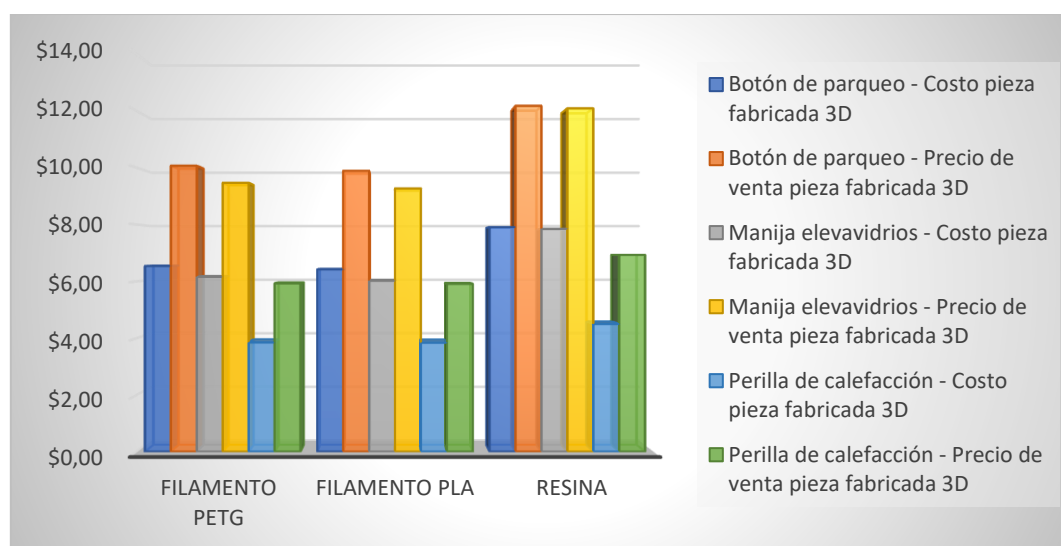
##### ***3D***

De acuerdo con el estudio realizado recopilando información en el Kardex de repuestos plásticos de la empresa ASSA – AUTOMOTERES DE LA SIERRA del apartado 4.1.1. se determina que el margen de ganancia para repuestos plásticos automotrices es del 35%, este margen en el sector automotriz ecuatoriano, específicamente en la ciudad de Ibarra es el que se maneja tanto a nivel de concesionarios como locales de venta de repuestos particulares.

En la tabla 19 se determina el costo de fabricación de las autopartes vs el precio de venta (PVP) sin IVA para las piezas fabricadas con impresión 3D con los diferentes materiales.

**Tabla 19 Costo de fabricación vs Costo de venta autopartes fabricadas con impresión 3D**

| Material       | Autoparte              | \$ Costo total pieza fabricada 3D | \$ Precio de venta pieza fabricada 3D |
|----------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Filamento PLA  | Perilla de calefacción | \$3.84                            | <b>\$5.91</b>                         |
|                | Botón de parqueo       | \$6.42                            | <b>\$9.89</b>                         |
|                | Manija elevavidrios    | \$6.02                            | <b>\$9.27</b>                         |
| Filamento PETG | Perilla de calefacción | \$3.85                            | <b>\$5.93</b>                         |
|                | Botón de parqueo       | \$6.54                            | <b>\$10.07</b>                        |
|                | Manija elevavidrios    | \$6.16                            | <b>\$9.47</b>                         |
| RESINA         | Perilla de calefacción | \$4.50                            | <b>\$6.93</b>                         |
|                | Botón de parqueo       | \$7.91                            | <b>\$12.18</b>                        |
|                | Manija elevavidrios    | \$7.85                            | <b>\$12.09</b>                        |



**Fig. 54. Costo vs Precio de la fabricación de autopartes con impresión 3D**

La rentabilidad de la impresión 3D de autopartes plásticas en Ibarra, Ecuador, puede depender de varios factores, como el costo de la impresión 3D en comparación con los métodos tradicionales de fabricación, la demanda del mercado local y la capacidad para ofrecer piezas personalizadas o de nicho.

La rentabilidad también dependerá de la eficiencia operativa y la capacidad para competir con otros proveedores de autopartes en la región. Si la impresión 3D permite reducir costos, acortar tiempos de entrega u ofrecer productos personalizados de alta calidad, es más probable que sea rentable.

En la tabla 20 se realiza una comparación de los precios de venta las autopartes plásticas

que se fabrican de manera tradicional versus las que fabricaron mediante impresión 3D, como se determinó las piezas fabricadas con impresión 3D costaron entre el 10 y el 40 % más que una pieza que se fabrica tradicionalmente, sin embargo dependiendo del material de impresión, la forma y tamaño de la pieza los valores pueden cambiar y se pueden reducir para ajustarse al valor comercial de venta en almacenes de repuestos.

**Tabla 20 Precio de venta de las autopartes plásticas**

| Autoparte plástica     | Precio fabricación tradicional | Impresión 3D filamento PLA | Impresión 3D filamento PETG | Impresión 3D resina |
|------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Perilla de Calefacción | \$5,67                         | \$5.91                     | \$5.93                      | \$6.93              |
| Botón de parqueo       | \$11,02                        | \$9.89                     | \$10.07                     | \$12.18             |
| Manija elevavidrios    | \$3,01                         | \$9.27                     | \$9.47                      | \$12.09             |

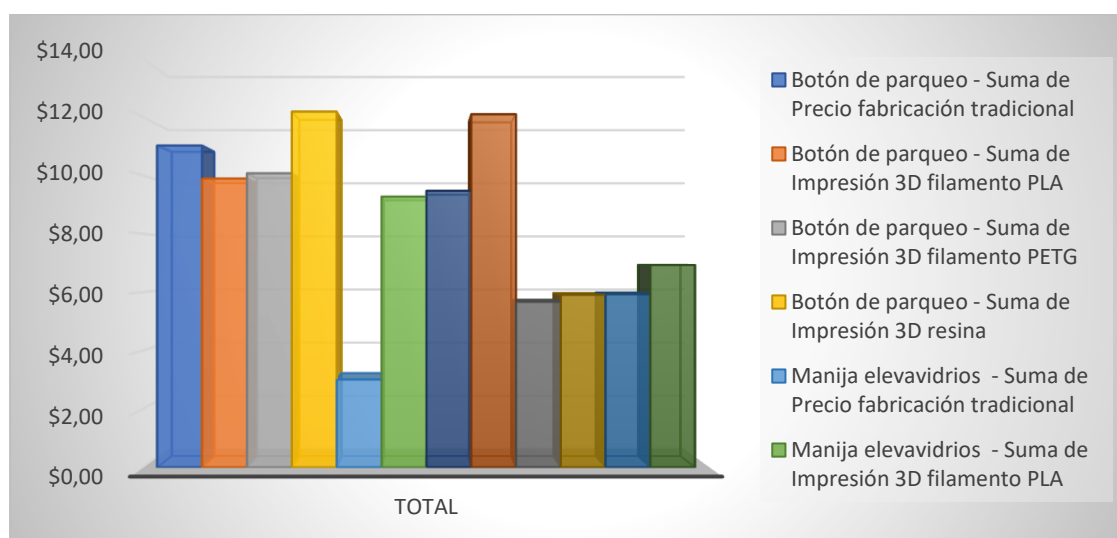


Fig. 55. Precio de venta autopartes plásticas

Como se mostró en el apartado 4.1.2. el 100% de los concesionarios de la ciudad de Ibarra consideran que las piezas plásticas fabricadas con impresión 3D podrían ser una alternativa viable para reemplazo de las autopartes fabricadas de forma tradicional siempre y cuando su valor no supere el 20% al precio normal de venta por lo que se determinó que se puede fabricar autopartes plásticas con impresión 3D obteniendo una rentabilidad del 35% por pieza manteniendo un margen razonable de ganancia pero sin superar valores exageradamente valores de repuestos originales.

## CONCLUSIONES

- La fabricación de autopartes plásticas mediante impresión 3D es la alternativa más valorada dentro del creciente sector automotriz de la ciudad de Ibarra como solución a la escasez de piezas en todo tipo de vehículos y sobre todo en modelos discontinuados. Siendo así un tipo de fabricación de partes que impulsa la modernización y competitividad del mercado.
- La variedad de procesos de impresión 3D disponibles ofrece múltiples opciones para la fabricación de autopartes plásticas, cada una con sus propias ventajas. En el contexto del mercado automotriz de Ibarra, las impresoras de tipo FDM (Moldeado por deposición fundida) y SLA (Estereolitografía) se destacan como las más adecuadas para la producción de autopartes plásticas de interiores ya que son ideales para producir piezas pequeñas, de buena calidad, con un costo relativamente bajo y buen acabado superficial por lo que se obtiene una apariencia estética y alto nivel de detalle.
- Los costos de fabricación de autopartes plásticas mediante impresión 3D por lo general tienen un costo mayor a las que se fabrican de manera tradicional por moldes, esto debido a que con esta tecnología no es posible producir en masa ya que se debe realizar el diseño y producción de cada pieza por separado, sin embargo de acuerdo al estudio realizado se determinó que el mercado automotriz de la ciudad de Ibarra, estaría dispuesto a pagar un valor adicional por pieza siempre y cuando se solviente el problema de escases de las partes con mayor rotación.
- El proyecto de implementación de un centro de impresión 3D para autopartes plásticas es factible ya que tiene una rentabilidad del 35% por pieza impresa con filamento PETG y no supera un margen del 20% más que una pieza fabricada de manera tradicional, siempre y cuando se genere un impacto publicitario en el sector automotriz actual de la ciudad de Ibarra.
- Las autopartes fabricadas mediante impresión 3D con filamento tipo PETG cumplen con la norma de calidad IATF 16949 la cual es usada para este tipo de partes plásticas en sector automotriz ecuatoriano, llegando a deformarse hasta 3mm y fracturándose a 2500 N. Los materiales como el filamento PLA y resina también podrían aplicarse en piezas automotrices que no estén sometidas a grandes esfuerzos y sobre todo las partes con resina dan un excelente acabado con el cual se podrían fabricar partes decorativas.

## RECOMENDACIONES

- Para el mercado automotriz de la ciudad Ibarra utilizar técnicas de impresión 3D ya no conocidas y no complicadas, con el fin de reducir tiempos de diseño e impresión.
- Invertir en materiales de impresión como filamentos y resinas en gran cantidad con el fin de obtener mejores precios con los proveedores y así reducir el costo total de cada pieza impresa con 3D.
- Enfocar la promoción de la impresión 3D en el sector automotriz como una alternativa viable, rápida y con un precio accesible para dar solución a la escasez de autopartes plásticas en la ciudad de Ibarra.
- Enfocar futuros proyectos de impresión 3D no solo para la fabricación de autopartes plásticas para el sector automotriz, sino que además involucre en áreas como la construcción, minas, medicina, estética y entre otras, con el fin de solventar problemas como escasez y costos de diferentes piezas en varios sectores productivos.
- Investigar y utilizar más procesos de impresión 3D con el fin de poder fabricar piezas más grandes y complejas que puedan solventar la falta de disponibilidad de partes cuando existe una colisión de un vehículo, este es un mercado que está en constante crecimiento.

## REFERENCIAS

- [1] «AEADE – Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador». Accedido: 28 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.aeade.net/>
- [2] «Durazo et al. - IMPRESION 3D – IMPACTO EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.pdf». Accedido: 3 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39512359/TF\\_-\\_Impresion\\_3D\\_impacto\\_en\\_la\\_industria\\_automotriz\\_IEEE\\_-\\_Erick\\_Durazo\\_21441-libre.pdf?1446088156=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTF\\_Impresion\\_3D\\_impacto\\_en\\_la\\_industria.pdf&Expires=1685822833&Signature=Ny0SIhDnQ1REEFjpLdPIvIrhOIPqTnYrXDf1af5cUNFaIIIfEpFewnxz1tYCOOfhqQIcggvw4kzG0I9BOwTAvADm3O7cn-jA-NnEFplagJM5EJXDPyNc~1Y0jyyPnaC6VCluJUic3L3bIaRAnmQI-xG7ShftBl3yb3DMXr2O~LROEOli-kRErZs9aGK1-2~Jli4M8nPvXasyYzu1qCPTnGw7IQPdF6z8pMEkmcvbP4snCEjIL9CayZwlEoaCBBd9cFDiWtZNm5CjF0Mpqp916FU3WfsTyQIIIdiqAOPMOIS0xYVGmHVKL3udaDnhOAjUfXywb2jGsNCpvt-66CXCqvsQ\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39512359/TF_-_Impresion_3D_impacto_en_la_industria_automotriz_IEEE_-_Erick_Durazo_21441-libre.pdf?1446088156=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTF_Impresion_3D_impacto_en_la_industria.pdf&Expires=1685822833&Signature=Ny0SIhDnQ1REEFjpLdPIvIrhOIPqTnYrXDf1af5cUNFaIIIfEpFewnxz1tYCOOfhqQIcggvw4kzG0I9BOwTAvADm3O7cn-jA-NnEFplagJM5EJXDPyNc~1Y0jyyPnaC6VCluJUic3L3bIaRAnmQI-xG7ShftBl3yb3DMXr2O~LROEOli-kRErZs9aGK1-2~Jli4M8nPvXasyYzu1qCPTnGw7IQPdF6z8pMEkmcvbP4snCEjIL9CayZwlEoaCBBd9cFDiWtZNm5CjF0Mpqp916FU3WfsTyQIIIdiqAOPMOIS0xYVGmHVKL3udaDnhOAjUfXywb2jGsNCpvt-66CXCqvsQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- [3] C. Talayero, O. Ait-Salem, y M. Hazeu, «IMPRESIÓN 3D REVOLUCIONANDO LA FABRICACIÓN», Mato 2020.
- [4] D. B. Leyton Acosta, «Optimización de parámetros de impresión 3d en FMD usando materiales ASA y ABS para componentes automotrices, a través de pruebas de impacto aplicando la norma ISO 179-1», dic. 2021, Accedido: 3 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/647330>
- [5] M. R. Nichols, «How does the automotive industry benefit from 3D metal printing?», *Met. Powder Rep.*, vol. 74, n.º 5, pp. 257-258, sep. 2019, doi: 10.1016/j.mprp.2019.07.002.
- [6] R. Ranjan, D. Kumar, M. Kundu, y S. Chandra Moi, «A critical review on Classification of materials used in 3D printing process», *Mater. Today Proc.*, vol. 61, pp. 43-49, ene. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.03.308.
- [7] M. L. Q. Villagómez, L. A. A. Caracheo, G. R. Mondragón, y R. R. Castro, «REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LA FABRICACIÓN DE MULTIMATERIALES POR MEDIO DE IMPRESIÓN 3D», vol. 39, n.º 125, 2017.
- [8] «Hsieh y Zhang - 2022 - Critical factors affecting performance of logistic.pdf». Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://pdf.sciencedirectassets.com/777614/1-s2.0-S2185556021X00028/1-s2.0->

S2185556022000013/main.pdf?X-Amz-Security-  
 Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEHkaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDm394NHd5gtK76  
 %2FLUJfA5SiKQk1A6ENDFZH%2FCcehYB0AIgdvI%2Fb2OU0OmF%2FLMJ%2FL  
 FA5hLPW3D%2Blno82XaNJsn0UbcquwUIsv%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2  
 F%2FARAfGgwwNTkwMDM1NDY4NjUiDK4Sd%2BvghtTnMJxqICqPBeN0PVlQ4  
 7WJaox%2Fs7LeAPeHPQLyrMc5umgXhJnRp98DgWjIvYWmb5sjsbdTQrod3szAyN  
 Gu6ghOFVBft9P4UuJ7IMdQxUYGsE9pgE5FmHWueXthGU6o009bCzLZ%2BvVaO6  
 ElQ4coalzyhOZTr%2BjAN0oBfHjrkfFrlG29Dq9hOqvRwOnqxjA%2FJjOFmyV3Uzi2  
 ZvAYtoy6JehEUB%2Bs6A0jz%2Fhfr%2Bmhw%2Fug8DUUhsIYtoQYehPUi9v6m1v  
 6zGc7kL0Vop%2Bh6bwtTxGNBZvALUXW7RzmU1YtSi6%2FJfXDfDCx5LmX3Jv1  
 o6KGlePcILI%2Fa%2FAPQX9TixtUQU3h0%2BjG7RB2mQsMi30Nn%2Fq%2FnPK4  
 Wo9PfFtqlIQWaGAg5NpQV8WyC7b60xsX70585nLErFfZAMMxrI8ce8eC7ogN1Og  
 K605zKehKJ3QbyMQ02kg6%2Bnunco7vD31DUouj1XEZm3%2F0GafVZG9PHKGB  
 %2Flne%2FQnEilyremQwdvO0jX9cuY1I%2B1UN%2FnlycQI7jM3sVK7%2BCJ%2Fl  
 L0Dw2powkvI7TNLinWcp6YhXF%2FvbQv0%2FHWX%2FKJ5EpqdYRSQPqQia2Sl  
 XRoVC1pppcns8YLEA5vFPK9tmxWhjdDa%2BjpPxHG8r4Mj39qc13DR9ooHjXr5zia  
 Anv7A1kSHXrOefzKahbsK8X%2B1FJ10oetWwMnMbyhHQhm4LYxDN80I%2Bw1J  
 mYDWxldoVGaTUeixcp4dW%2BJC9XB0nOcZl2wEjHjO564wAEw87412KrWYlWl  
 g37iKJakC59P4Yl3%2FEDMM3QUwuf%2FLcVdK1pL2C%2FxrjedakydR03xBNsJ1  
 D7MhMa%2B9K2htEZkvvd1UD%2Fm3s7O5aj0ihVn2cIHBVnhdUeLQdHxIkzQw6dP  
 fowY6sQHsPPmdjgiHHu3RUsmufTzOy5SIm9AWKth5qET%2FnNLSi9qKIMP1P9t%  
 2FBJ65QdCbo6AEhrx044MpnNIw%2F7GncJokFvINYcbtDYsGGKaDELB31F8GuOb  
 wxrnldYecy%2BPrdBxqos%2Fp4%2Fwrj11%2BY3G7RmpHda1lVFrfxkjp%2B6xnMs  
 plrcEQE04%2BSAdOjNCnkhTLWlzVNTg%2FfZtm7GrIcYV%2BYsnicalIJDdIRh%2  
 FAwnEYIMxzbPw%3D&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-  
 Date=20230601T013921Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=300&X-  
 Amz-Credential=ASIAQ3PHCVTY6TZYTJNM%2F20230601%2Fus-east-  
 1%2Fs3%2Faws4\_request&X-Amz-  
 Signature=f4b7756d14f2fe9e6345967752cb06554bee2b5df1ad70e165dff0003ee21707  
 &hash=94457882b59075cc417bc5107eccf1de9f1ba0c1edfbc3c927fb627784f28c29&ho  
 st=68042c943591013ac2b2430a89b270f6af2c76d8dfd086a07176afe7c76c2c61&xpii=S2  
 185556022000013&tid=spdf-8bd8f76c-12b7-4829-b116-  
 e7e39ff956d2&sid=28aff03f55bf314d024987c14f369ee05144gxrrqa&type=client&tsoh

=d3d3LnNjaWVuY2VkaXJlY3QuY29t&ua=030d5104575400015204&rr=7d03be0ae899f77e&cc=ec

- [9] S. I. R. Alcívar y H. D. Suarez, «ANÁLISIS DEL IMPACTO COMERCIAL DE LA CLÁUSULA DE SALVAGUARDIAS PARA LAS IMPORTACIONES DE REPUESTOS AUTOMOTRIZ EN LA EMPRESA AVISAN CIA LTDA».
- [10] F. R. Arroyo Morocho y C. S. Buenaño Armas, «Calidad en el Servicio: Oportunidad para el Sector Automotor en el Ecuador», *INNOVA Res. J.*, vol. 2, n.º 9, pp. 42-52, 2017, Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6128451>
- [11] E. Durazo, G. Salcido, y J. González, «IMPRESION 3D – IMPACTO EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ», 12, vol. 3, p. 15, jun. 2020.
- [12] J. I. A. Duque, G. A. Parra, y V. M. J. Luna, «ELABORACIÓN DE FILAMENTOS DE PLA», 2016.
- [13] «Velasco et al. - 2022 - Determinación de propiedades mecánicas a tensión y.pdf». Accedido: 19 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://somim.org.mx/memorias/memorias2022/articulos/A2\\_179.pdf](https://somim.org.mx/memorias/memorias2022/articulos/A2_179.pdf)
- [14] «INCAING REVISTA 3a edici+n.pdf». Accedido: 19 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.itssna.edu.mx/Informacion/revistas/INCAING%20REVISTA%203a%20edici+%C2%A6n.pdf#page=21>
- [15] J. Restrepo Vélez, «Implementación de la impresión 3D para el diseño de piezas para la empresa Novaventa», 2021, Accedido: 20 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/5578>
- [16] J. L. Cabrera, «Tipos de impresoras 3D que existen y sus usos», *Servitec3D*, 15 de noviembre de 2020. Accedido: 16 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://servitec3d.com/blog/tipos-de-impresoras-3d/>
- [17] «Emisión de permisos de funcionamiento a establecimientos categoría 6: tiendas naturistas, tiendas, frigoríficos, locales de venta de legumbres o frutas, abacerías, quioscos, abarrotes, micromercados y establecimientos en gasolineras | Ecuador - Guía Oficial de Trámites y Servicios». Accedido: 4 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.ec/mdg/tramites/emision-permisos-funcionamiento-establecimientos-categoria-6-tiendas-naturistas-tiendas-frigorificos-locales-venta-legumbres-frutas-abacerias-quioccos-abarrotes-micromercados-establecimientos-gasolineras>

- [18] «ASTM D3039: Ensayo de tracción composites | ZwickRoell». Accedido: 17 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.zwickroell.com/es/sectores/composites/astm-d3039-ensayo-de-traccion-en-composites/>
- [19] Maker Group, «Artillery Genius Pro en Quito, Ecuador por Maker Group», Maker Group Ecuador. Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.makergroupecuador.com/artillery>
- [20] «Las tarifas de energía eléctrica no se incrementarán en el 2022 – Ministerio de Energía y Minas». Accedido: 19 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/las-tarifas-de-energia-electrica-no-se-incrementaran-en-el-2022/>
- [21] «ELEGOO : Bstar 3D : catalogo, marcas, fabricantes, impresion, modelado, 3d, venta, importadores, quito, ecuador.php». Accedido: 18 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.bstar.com.ec/catalogo-marcas-fabricantes-impresion-modelado-3d-venta-importadores-quito-ecuador.php?subcategoria=ELEGOO>
- [22] «Sistema de gestión de calidad para automóviles – SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO». Accedido: 26 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.acreditacion.gob.ec/gestion-de-calidad-para-automoviles/>
- [23] «Norma.IATF.16949+ISO.9001.espanol.mayo-2022.pdf». Accedido: 26 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://auto-q-consulting.com.mx/Norma.IATF.16949+ISO.9001.espanol.mayo-2022.pdf>
- [24] «ASTM D638: Características de tracción en materiales plásticos», ASTM D638: Características de tracción en materiales plásticos. Accedido: 26 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/termoplasticos-y-materiales-termoendurecibles/propiedades-de-traccion-astm-d638/>

## ANEXOS

### Anexo 1. Carta de solicitud obtención de información



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE POSGRADO**



Oficio nro. UTN-FP-D-2024-002-O

Ibarra, 11 de enero de 2024

**PARA:** Señores Propietarios Concesionarios

**ASUNTO:** Solicitud para práctica profesional

De mi consideración:

Solicito de manera comedida se brinde las facilidades y acceso a información requerida de la institución que acertadamente usted dirige, al maestrante Marcelo Francisco Benavides Escobar, estudiante de la maestría en Ingeniería Automotriz con mención en Negocios Automotrices., que se encuentran desarrollando su proyecto de trabajo de grado orientado a: "DESARROLLO DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA LA FABRICACIÓN DE AUTOPARTES PLÁSTICAS CON IMPRESIÓN 3D-CASO DE ESTUDIO IBARRA".

La información que se solicita será eminentemente con fines académicos y de investigación.

Por la atención, le agradezco.

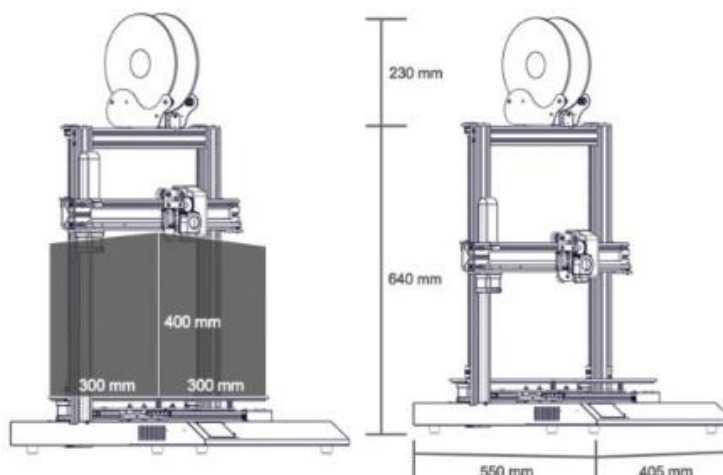
Atentamente,  
**CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO**

MSc. Lucía Yépez Vásquez.  
DECANA FACULTAD POSGRADO

AB

## Anexo 2. Especificaciones técnicas impresora 3D Artillery Genius

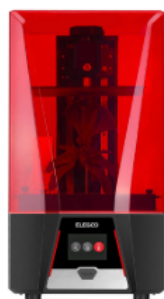
- Volumen de construcción 220 x 220 x 250mm / 8.6 x 8.6 x 9.8in
- Resolución de capa desde 0,05 mm
- Velocidad máxima de impresión 150mm/s
- Velocidad máxima de recorrido 250mm/s
- Cama de impresión Vidrio-cerámica
- Tipo de cama de calor  
Calefacción rápida Cama de calor de CA
- Diámetro del filamento 1.75mm
- Filamento soportado PLA, ABS, PLA flexible, TPU, madera, PVA, HIPS...
- Manual de nivelación de camas
- Tecnología de impresión FFF (fabricación de filamentos fundidos)
- Extrusor tipo Extrusor  
Extrusor de accionamiento directo (tipo titán)



|                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Layer Resolution         | 0.1mm                             |
| Frame                    | Aluminum Extrusion                |
| XYZ Positioning Accuracy | 0.05mm, 0.05mm, 0.1mm             |
| Printing Filament        | PLA, ABS, TPU, Flexible Materials |
| Filament Diameter        | 1.75mm                            |
| Nozzle Diameter          | 0.4mm                             |
| Machine Dimensions       | 550 x 405 x 640 mm                |
| Shipping Box Dimensions  | 780 x 540 x 250 mm                |
| Machine Weight           | 14kg                              |
| Shipping Weight          | 16.5kg                            |

|                                 |                                                     |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Maximum Print Speed             | 150 mm/s                                            |
| Maximum Travel Speed            | 250mm/s                                             |
| Build Volume                    | 300 x 300 x 400 mm                                  |
| Extruder Type                   | Titan Extruder (Direct Drive)                       |
| Maximum Build Plate Temperature | 130C                                                |
| Power Requirement               | 110V / 220V<br>600W max (with heated bed turned on) |
| Connectivity                    | USB, TF Card, USB Stick                             |
| Control Board                   | MKS Gen L                                           |
| Nozzle Type                     | Volcano                                             |

## Anexo 3. Especificaciones técnicas impresora 3D Elegio Saturn 2



### SATURN 2

ELEGIO

Incluye: Capacitación virtual de 6 horas y 24 meses garantía

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| Tecnología           | MSLA basado en LCD |
| Volumen de Impresión | 219 x 123 x 250 mm |
| Resolución de Capa   | 0.01 - 0.2 mm      |
| Velocidad Máxima     | 70 mm/h            |
| Resolución XY        | 0.0285 mm (8K)     |
| Resolución del eje Z | 0.00125 mm         |

COMPRAR POR WHATSAPP

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

|                                  |                                                 |                                                      |                                                   |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Tecnología<br>MSLA basado en LCD | Volumen de Impresión<br>219 x 123 x 250 mm      | Resolución de Capa<br>0.01 - 0.2 mm                  | Velocidad Máxima<br>70 mm/h                       |
| Resolución XY<br>0.0285 mm (8K)  | Resolución del eje Z<br>0.00125 mm              | Conectividad<br>USB                                  | Materiales Compatibles<br>Resina fotosensible ... |
| Formatos Compatibles<br>STL, OBJ | Software Compatibles<br>Chitobox, Lychee Sli... | Dimensiones del Produc...<br>305.9 x 273 x 567.3 ... | Peso del Producto<br>11 Kg                        |

## Anexo 4. Costo de materiales de impresión



El mejor lugar para imprimir tus ideas y convertir tu creatividad en realidad.

**Nombre comercial:** PRINTO HUB EC  
**Contribuyente:** PERSONA NATURAL  
**Razón Social:** CARLOS ANDRES BENAVIDES  
**RUC:** 1725550800-001  
**Dirección:** IBARRA, BARTHOLOME GARCIA Y RICARDO SANCHEZ 6-41  
**Correo:** printohub.ec@gmail.com  
**Telfono:** 0963659689

Íccka 13/07/2024  
**Cotización** No. 0725

**Cliente:** Marcelo Benavides  
**C.I.:** 1004076459  
**Dir.:** Ibarra  
**Telf.:** 0995422029  
**Mail:** [marcelo24benavides@gmail.com](mailto:marcelo24benavides@gmail.com)

| Descripción               | Unidades | Precio Unitario | Precio |
|---------------------------|----------|-----------------|--------|
| 1kg PLA+ SUNLU            | 1        | 19              | 19,00  |
| 1kg resina estandar SUNLU | 1        | 55              | 55,00  |
| 1kg PETG SUNLU            | 1        | 20              | 20,00  |
|                           |          |                 | 0,00   |
|                           |          |                 | 0,00   |
|                           |          |                 | 0,00   |
|                           |          |                 | 0,00   |
|                           |          |                 | 0,00   |
|                           |          |                 | 0,00   |
|                           |          |                 | 0,00   |
|                           |          |                 | 0,00   |
|                           |          |                 | 0,00   |
|                           |          |                 | 0,00   |

**Aprobado por :**

Ing. Carlos Benavides  
 Gerente PRINTO HUB

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| Total parcial            | 94,00 |
| Descuento                | 0,00  |
| Subtotal menos descuento | 74,00 |
| IVA                      | 0,00% |
| Total impuestos          | 0,00  |
| Envío                    | 0,00  |

**VALOR TOTAL \$94,00**

### Notas y Condiciones

<Condiciones de pago : dos pagos (50% al inicio del trabajo y 50% al finalizar el trabajo)>

<Servicio activo hasta que se culmine con las correcciones del trabajo>

<Para pagos con tarjeta de crédito o mediante Paypal se aplican cargos adicionales >

## Anexo 5. Oficio para utilizar el dinamómetro de la facultad de textiles

REPÚBLICA DEL ECUADOR



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020 FACULTAD DE  
POSGRADOS

Memorando nro. UTN-FP-IA-2024-0030-M

Ibarra, 17 de julio de 2024

PARA: Dra. Lucía Yépez

#### DECANA FACULTAD POSGRADOS

ASUNTO: Solicitud de uso de laboratorio UTN-FICA-TEXTIL-ENSAYOS MECÁNICOS

Me permito comedidamente por su intermedio solicitar se haga el trámite de autorización y préstamo en las instancias respectivas para que el maestrante

Marcelo Benavides de la segunda cohorte del programa de Ingeniería Automotriz mención negocios automotrices en conjunto con su tutor el Magister Erik Hernández docente UTN; puedan ejecutar un conjunto de ensayos mecánicos de tracción de probetas plásticas para el desarrollo de la tesis planteada por el mismo, en el laboratorio de la carrera de Textiles de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, misma que posee la máquina de ensayos para dichas probetas.

Atentamente,

CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO

MSc. Cosme Mejía Echeverría

**COORDINADOR PROGRAMA**

Referencias:

Anexos: Oficio maestrante.pdf

Copia: