



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y MONTAJE DE UNA UNIDAD DE MANUFACTURA ADITIVA DE AUTOPARTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ACCESORIOS DEL COMPARTIMIENTO DEL MOTOR DEL VEHÍCULO HVAL M4 PARA LA EMPRESA CIOTEC.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MÁSTER EN SISTEMAS
AUTOMOTRICES

OBANDO FREIRE CARLOS IVÁN

carlos.obando@epn.edu.ec

OTERO LASTRA FERNANDO DAVID

fernando.otero@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. César Ayabaca, PhD.

cesar.ayabaca@epn.edu.ec

Quito, Agosto de 2023

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo mostrado a continuación fue desarrollado por OBANDO FREIRE CARLOS IVAN y OTERO LASTRA FERNANDO DAVID, bajo mi supervisión.



Ing. Cesar Ayabaca MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Por medio de la presente, nosotros, OBANDO FREIRE CARLOS IVAN y OTERO LASTRA FERNANDO DAVID, declaramos y bajo juramento que el presente trabajo descrito a continuación es de nuestra autoría; además no ha sido presentado anteriormente para ningún proyecto de grado o calificación profesional; y, se han consultado las referencias bibliográficas mismas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, en toda la mención de su derecho, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este proyecto y/o trabajo de titulación, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Obando Freire Carlos Ivan



Otero Lastra Fernando David

DEDICATORIA

. A Dios, por darme la salud y la fuerza para terminar con esta etapa de estudios.

A mi esposa Sandy, quien me acompañó durante toda mi formación profesional con cariño y paciencia.

A mis padres, por todo su apoyo para permitirme alcanzar un objetivo más.

A mis hermanos, que están siempre conmigo y nunca dejan de creer en mí.

.

Carlos Obando

El proyecto a continuación es dedicado en primer lugar a Dios y la virgen Dolorosa quienes han guiado mi camino.

A mis padres Luis y Sonia, quien han sido mi apoyo durante todos mis años de estudio, además de ser un ejemplo de lucha y compromiso para cumplir los sueños, y me han enseñado que no hay mejor regalo que los estudios.

A mi hermana Sarita Otero, quien cada día me ilumina con su sonrisa y su bondad, además de ser el corazón de mi familia y enseñarme que no hay un sueño tan grande como su soñador. A ti hermana. que me apoyaste durante todo el proceso, te dedico este proyecto y quedará plasmado con tu nombre en la EPN.

A mi hermana Gabriela, mi tía Nancy y mi abuelita Carlota, quienes día a día han visto en mí promesas de un gran profesional y nunca han dudado en darme sus palabras de aliento.

A mi novia Liliana que nunca me dejó rendirme y que sabe que no importa cuantas veces caemos, siempre y cuando nos volvamos a levantar con más fuerza y dedicación.

Fernando Otero

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi tutor el Ing. César Ayabaca por su tiempo y sus conocimientos brindados para culminar este proyecto.

A mi esposa Sandy, mi compañera de vida que me ama y está a mi lado incondicionalmente en los momentos más difíciles con paciencia y comprensión, y por ser la razón de luchar todos los días y alcanzar mis metas.

A mi padre Iván, quien no deja de darme la mano para levantarme de las caídas por las dificultades que encuentro en el camino y que me ha inspirado a soñar en grande. A mi madre Lucia, quien con su cariño y apoyo me empujan día a día a salir adelante y que con su ejemplo me ha enseñado a ser una persona de bien.

A mis hermanos, que han estado presentes en cada etapa de mi vida con su apoyo y sus buenos deseos.

A mi compañero y amigo Fernando, por su excelente trabajo y su disposición que permitieron la culminación de este proyecto.

Carlos Obando

Agradezco a la virgen Dolorosa quien me ha guiado en todos estos años como estudiante y profesional.

A mi tutor el Ing Cesar Ayabaca, a la Escuela Politécnica Nacional, a la Facultad de Ingeniería Mecánica y al Colegio San Gabriel por educarme y darme la oportunidad de crecer y formarme profesionalmente.

A mis padres, mis hermanas, y Ambacar por darme los recursos para formarme como master en sistemas automotrices.

A mi amigo y compañero de tesis, Carlos Obando, por ser un pilar fundamental para el desarrollo de este proyecto y por su excelencia como profesional e ingeniero.

Fernando Otero

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	II
DECLARACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. Manufactura Aditiva	5
1.1.1. Antecedentes	5
1.2. Sistemas CAD y CAM.....	6
1.3. Impresión 3D	8
1.3.1. Técnicas de impresión 3D	9
1.4. Autopartes automotrices	14
1.4.1. Cadena de suministro en la fabricación de autopartes	14
1.4.2. Manufactura aditiva de autopartes	15
1.5. Modelos de distribución de planta.....	15
1.5.1. Proceso de producción.....	15
1.5.2. Ingeniería de procesos.....	15
1.5.3. Diseño del flujo de procesos	16

1.5.4.	Modelos de circulación	16
1.5.5.	Capacidad de las operaciones	16
1.5.6.	Localización y/o ubicación de la planta.....	16
1.5.7.	Distribución de planta.....	17
1.5.8.	Tipos de disposición de distribución de planta.....	17
1.5.9.	Comportamiento de las distribuciones de planta básicas	18
1.6.	Datos del modelo de estudio.....	19
1.6.1.	Precio de comercialización.....	19
1.6.2.	Especificaciones técnicas del modelo	19
1.7.	Datos CIOTEC.....	20
2.	METODOLOGÍA	22
2.1.	Generalidades del montaje de la unidad de manufactura.....	22
2.2.	Estudio de alternativas de la unidad de manufactura	23
2.2.1.	Voz del usuario y voz del ingeniero	23
2.2.2.	Casa de la calidad.....	24
2.2.3.	Especificaciones técnicas para la unidad de manufactura.....	26
2.2.4.	Análisis funcional.....	27
2.3.	Selección de alternativas para cada módulo	29
2.3.1.	Módulo 1.- Digitalización de la pieza	29
2.3.2.	Módulo 2.- Impresión.....	35
2.3.3.	Módulo 3 - Postprocesamiento	40
2.4.	Selección de material.....	40
2.4.1.	Especificaciones PLA.....	40
2.4.2.	Especificaciones ABS	41
2.4.3.	Especificaciones PETG	41
2.4.4.	Especificaciones Nylon.....	42
2.4.5.	Especificaciones ASA	42
2.4.6.	Resistencia de los materiales	42
2.5.	Diseño de la unidad de manufactura.....	43

2.5.1.	Descripción de los procesos de la unidad de manufactura	44
2.5.2.	Planificación de la producción	48
2.5.3.	Diagrama de Gant	56
2.5.4.	Área de la unidad de manufactura.....	56
2.5.5.	Equipos	58
2.5.6.	Planeación de la distribución general	60
2.6.	Estudio de factibilidad técnica económica.....	61
2.6.1.	Inversión para el montaje de la unidad de manufactura.....	61
2.6.2.	Costos y gastos.....	64
2.6.3.	Ingresos	64
2.6.4.	Estimaciones para la recuperación de la inversión	66
2.6.5.	Indicadores financieros VAN y TIR	66
2.6.6.	Cálculo del VAN	66
2.6.7.	Cálculo del TIR.....	67
2.7.	Montaje y pruebas	68
2.7.1.	Área de digitalización de la unidad de manufactura.....	68
2.7.2.	Área de impresión de la unidad de manufactura	69
2.7.3.	Área de postprocesado de la unidad de manufactura.....	70
2.7.4.	Pruebas de la unidad de manufactura.	70
3.	RESULTADOS.....	71
3.1.	Dimensiones de la unidad de manufactura	71
3.2.	Autopartes del sistema eléctrico y compartimiento del motor	71
3.2.1.	Autoparte 01: Soporte computador.....	72
3.2.2.	Autoparte 02: Tapa borne positivo batería.....	73
3.2.3.	Autoparte 03: Base encendedor.	74
3.2.4.	Autoparte 04: Cubierta perno plumas.	75
3.2.5.	Autoparte 05: Tapa fusiblera compartimiento motor.	76
3.2.6.	Autoparte 06: Tapa posterior de faro.	77
3.2.7.	Autoparte 07: Tubería reservorio plumas.	77

3.2.8.	Autoparte 08: Toma de radiador.....	78
3.2.9.	Autoparte 09: Tapa tanque de reserva refrigerante.....	79
3.2.10.	Autoparte 10: Tanque de aceite de dirección hidráulica.....	80
3.2.11.	Autoparte 11: Clip sujetador plástico.....	81
3.2.12.	Autoparte 12: Guía de cadena de distribución.....	82
3.2.13.	Autoparte 13: Tapa de aceite.....	83
3.2.14.	Autoparte 14: Soporte U de radiador.....	84
3.2.15.	Autoparte 15: Cámara de extracción.....	85
3.2.16.	Autoparte 16: Colector de aceite.....	86
3.2.17.	Autoparte 17: Tapa fusiblera tablero de instrumentos.....	87
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
4.1.	Conclusiones.....	89
4.2.	Recomendaciones.....	90
	BIBLIOGRAFÍA.....	91
	ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Crecimiento de la AM.....	6
Figura 1.2. Proceso CAD.....	7
Figura 1.3. Resumen impresión 3D.....	8
Figura 1.4. Proceso de impresión 3D.....	9
Figura 1.5. Inyección de aglutinante (binder jetting).....	10
Figura 1.6. Extrusión de material (material extrusion).....	10
Figura 1.7. Deposición de energía dirigida (directed energy deposition).....	11
Figura 1.8. Inyección de Material (material jetting).....	12
Figura 1.9. Fusión de lecho de polvo (powder bed fusión).....	12
Figura 1.10. Laminación de hojas (sheet lamination).....	13
Figura 1.11. Fotopolimerización en cuba (vat photopolymerization).....	14
Figura 1.12. Ubicación empresa CIOTEC.....	21
Figura 2.1. Flujograma unidad de manufactura.....	23
Figura 2.2. Diagrama general, nivel 0.....	28
Figura 2.3. Módulos de la unidad de manufactura.....	29
Figura 2.4. Herramientas de metrología.....	30
Figura 2.5. Escáner 3 de detección de puntos sobre una superficie.....	31
Figura 2.6. Impresora ender 3D MAX.....	35
Figura 2.7. Impresoras 3D de resina Formlabs.....	36
Figura 2.8. Esfuerzo promedio de los materiales en los ensayos.....	43
Figura 2.9. Proceso de digitalización.....	45
Figura 2.10. Tapa posterior de faro en cura.....	45
Figura 2.11. Tubería entrada reservorio líquido plumas en cura.....	46
Figura 2.12. Ajuste de impresión en Cura.....	46
Figura 2.13. Flujograma de proceso de impresión.....	47
Figura 2.14. Proceso de autohome de impresora Ender 3 S1.....	47
Figura 2.15. Flujo de proceso de unidad de manufactura.....	48
Figura 2.16. Impresión tapa posterior faro.....	53
Figura 2.17. Diagrama de Gant de la unidad de manufactura en base al proceso.....	56
Figura 2.18. Área digitalización.....	68
Figura 2.19. Equipos área de impresión.....	69
Figura 2.20. Proceso de impresión.....	69
Figura 2.21. Área de postprocesado.....	70
Figura 3.1. Fotografía del espacio físico de la unidad de manufactura.....	71

Figura 3.2. Autoparte 01: Soporte Computador.....	72
Figura 3.3. Autoparte 02: Tapa borne.	73
Figura 3.4. Autoparte 03: Base encendedor.....	74
Figura 3.5. Autoparte 04: Cubierta perno.....	75
Figura 3.6. Autoparte 05: Tapa fusiblera motor.....	76
Figura 3.7. Autoparte 06: Tapa faro.	77
Figura 3.8. Autoparte 07: Tubería plumas.....	78
Figura 3.9. Autoparte 08: Toma radiador.	79
Figura 3.10. Autoparte 09: Tapa tanque reserva.....	80
Figura 3.11. Autoparte 10: Tanque aceite.....	81
Figura 3.12. Autoparte 11: Clip sujetador.....	82
Figura 3.13. Autoparte 12: Guía de cadena.	83
Figura 3.14. Autoparte 13: Tapa de aceite.....	84
Figura 3.15. Autoparte 14: Soporte U radiador.....	85
Figura 3.16. Autoparte 15: Cámara de extracción.....	86
Figura 3.17. Autoparte 16: Colector de aceite.....	87
Figura 3.18. Autoparte 17: Tapa fusiblera tablero.	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Especificaciones técnicas modelo HAVAL M4	20
Tabla 2.1. Casa de la calidad para unidad de manufactura.....	25
Tabla 2.2. Características técnicas de la unidad de producción.....	26
Tabla 2.3. Características para el diseño de la unidad de manufactura.	27
Tabla 2.4. Simbología según norma VDI 2222.....	28
Tabla 2.5. Evaluación de criterios para la selección de alternativas del módulo 1.....	32
Tabla 2.6. Valoración de criterio: Costo.	32
Tabla 2.7. Valoración de criterio: Precisión.	33
Tabla 2.8. Valoración de criterio: Capacitación.	33
Tabla 2.9. Valoración de criterio: Adaptabilidad.	33
Tabla 2.10. Valoración de criterio: Complejidad	34
Tabla 2.11. Valoración de criterio: Tiempo.....	34
Tabla 2.12. Prioridad de cada alternativa.....	35
Tabla 2.13. Evaluación de criterios selección de alternativas del módulo 2.	37
Tabla 2.14. Valoración de criterio: Costo.	37
Tabla 2.15. Valoración de criterio: Precisión.	38
Tabla 2.16. Valoración de criterio: Capacitación.	38
Tabla 2.17. Valoración de criterio: Capacidad.....	38
Tabla 2.18. Valoración de criterio: Tiempo.....	39
Tabla 2.19. Valoración de criterio: Velocidad.	39
Tabla 2.20. Prioridad de cada alternativa para el módulo 2.....	40
Tabla 2.21. Especificaciones PLA.....	41
Tabla 2.22. Especificaciones ABS.	41
Tabla 2.23. Especificaciones PETG.....	41
Tabla 2.24. Especificaciones Nylon.	42
Tabla 2.25. Especificaciones ASA.	42
Tabla 2.26. Demanda de repuestos del sistema eléctrico.	49
Tabla 2.27. Demanda de repuestos del compartimento de motor.	50
Tabla 2.28. Tiempo de digitalización.....	52
Tabla 2.29. Tiempo de impresión.....	54
Tabla 2.30. Tiempos de postprocesamiento.	55
Tabla 2.31. Especificaciones impresora Ender 3 - S1 y Ender 3D Max.....	59
Tabla 2.32. Herramientas del área de postprocesamiento.	60

Tabla 2.33. Dimensiones unidad de manufactura	60
Tabla 2.34. Costos equipos de impresión 3D.....	61
Tabla 2.35. Costos de equipos y muebles de oficina	62
Tabla 2.36. Costos de la materia prima.....	62
Tabla 2.37. Costos de herramientas	62
Tabla 2.38. Costos de insumos.....	63
Tabla 2.39. Costos de remodelación.....	63
Tabla 2.40. Inversión fija.....	63
Tabla 2.41. Costos de energía eléctrica mensual	64
Tabla 2.42. Gastos administrativos	64
Tabla 2.43. Ingresos mensuales proyectados para el sistema eléctrico.	65
Tabla 2.44. Ingresos mensuales proyectados para el compartimiento de motor	65
Tabla 2.45. Cálculo del valor actual del flujo de caja.....	67
Tabla 3.1. Autoparte 01: Soporte computador	72
Tabla 3.2. Autoparte 02: Tapa borne.	73
Tabla 3.3. Autoparte 03: Base encendedor.....	74
Tabla 3.4. Autoparte 04: Cubierta perno.	75
Tabla 3.5. Autoparte 05: Tapa de la fusiblera motor.....	76
Tabla 3.6. Autoparte 06: Tapa de faros.....	77
Tabla 3.7. Autoparte 07: Tubería plumas.....	78
Tabla 3.8. Autoparte 08: Toma de radiador.....	79
Tabla 3.9. Autoparte 09: Tapa tanque reserva.....	80
Tabla 3.10. Autoparte 10: Tanque de aceite.	81
Tabla 3.11. Autoparte 11: Clip sujetador.....	82
Tabla 3.12. Autoparte 12: Guía de cadena.	83
Tabla 3.13. Autoparte 13: Tapa de aceite.....	84
Tabla 3.14. Autoparte 14: Soporte U radiador.....	85
Tabla 3.15. Autoparte 15: Cámara de extracción.....	86
Tabla 3.16. Autoparte 16: Colector de aceite.....	87
Tabla 3.17. Autoparte 17: Tapa fusiblera tablero.	88

RESUMEN

Se realiza el montaje de una unidad de manufactura aditiva de autopartes del sistema eléctrico y accesorios del compartimiento del motor del vehículo HAVAL M4 para la empresa CIOTEC en base a la metodología del diseño concurrente.

El presente proyecto comienza con la recolección y recopilación de la información acerca del proceso de producción mediante manufactura aditiva e impresoras 3D, sistemas asistidos por computador y manufactura, cadena de suministro de autopartes automotrices, y el diseño de plantas. A continuación, mediante el desarrollo de la función de la casa de calidad, que es la base de la metodología del diseño concurrente, se determinan necesidades y requerimientos de la empresa CIOTEC. Luego, se determinan las alternativas, de equipos y herramientas, más adecuadas para cada área de la unidad de manufactura mediante criterios de selección modular.

Mediante el valor de la demanda entregada por CIOTEC y la planificación de la producción se realiza el cálculo del tamaño de la planta (equipos y herramientas) para continuar con el estudio de la factibilidad económica.

Se realiza el montaje de la unidad de manufactura con todos sus equipos y herramientas para cada una de las áreas. Luego se realizan las pruebas de producción de las distintas autopartes seleccionadas por CIOTEC.

Se concluye que la unidad de manufactura montada es capaz de abastecer la demanda de CIOTEC de autopartes del sistema eléctrico y accesorios del comportamiento de motor del vehículo HAVAL M4.

Palabras clave: Manufactura aditiva, impresión 3D, unidad de manufactura.

ABSTRACT

The present technical research consists in the assembly of an additive manufacturing unit for auto parts of the electrical system and accessories of the engine compartment for the HAVAL M4 vehicle for the company CIOTEC. This project is based on the concurrent design methodology.

This project begins by collecting all the information about the production process through additive manufacturing and 3D printers, computer-aided systems and manufacturing, automotive auto parts supply chain, and plant design. Therefore, the needs and requirements of the CIOTEC company are determined through the development of the quality house function which is the basis of the concurrent design methodology.

Then, the most appropriate equipment and tool alternatives are determined using modular selection criteria for each area of the manufacturing unit.

In addition, the layout and the calculation of the size of the plant is carried out through the value of the demand given by CIOTEC and the production planning. Then, the study of economic feasibility is made in order to have the time of the recovery for the investment.

The manufacturing unit is assembled with all its equipment and tools for each of the areas. Then the production tests of the different auto parts selected by CIOTEC are carried out.

It is concluded that the assembled manufacturing unit is capable of supplying CIOTEC's demand for auto parts for the electrical system and accessories of the engine compartment of the HAVAL M4 vehicle.

Key words: 3D printing, manufacturing unit, additive manufacturing.

DISEÑO Y MONTAJE DE UNA UNIDAD DE MANUFACTURA ADITIVA DE AUTOPARTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ACCESORIOS DEL COMPARTIMIENTO DEL MOTOR DEL VEHÍCULO HAVAL M4 PARA LA EMPRESA CIOTEC.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existen cerca de tres millones de vehículos livianos y de comercio en el Ecuador, del modelo HAVAL M4 se comercializaron cerca de 8000 unidades (AEADE, 2022). Esto se ve reflejado en una gran oportunidad para el desarrollo de una unidad de manufactura de repuestos, ya sea para cualquiera de los distintos usos que se generan en el mercado ecuatoriano, repuestos de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo o accesorios de vehículos.

Adicional, mediante el uso de la tecnología de impresión 3D, los fabricantes de automóviles han logrado optimizar su cadena de suministro y dicho proceso también facilita a las empresas automotrices asegurar la fabricación a gran escala de vehículos para el mercado global (Elakkad, 2019). Además, algunos fabricantes de automóviles han adoptado el conjunto de técnicas de impresión 3D en la creación de piezas automotrices resistentes y duraderas. Como tal, es evidente el crecimiento masivo del uso de la tecnología 3D en gran mayoría de empresas de la industria automotriz. Por este motivo, es fundamental que los fabricantes de automóviles adopten la tecnología 3D para mejorar la escala de sus operaciones de fabricación (Savastano, 2016).

Entre las principales ventajas que se destacan para una planta de ensamblaje, la introducción de un proceso de manufactura aditiva es: una amplia variedad de material disponible, fácil cambio de material, bajos costos de mantenimiento, producción rápida de piezas delgadas, tolerancia total igual a 0,1 mm, producción sin materiales tóxicos, tamaño muy compacto, y operación a baja temperatura (Yadav, 2019).

Finalmente, el proyecto busca la introducción de una unidad de manufactura mediante impresión 3D que reduciría el tiempo de para de vehículos HAVAL M4. Según la AEADE, es un modelo discontinuado para el cual la casa comercial ya no produce repuestos desde el año 2016, debido a que excedió un tiempo de vida en el mercado ecuatoriano (AEADE, 2022).

JUSTIFICACIÓN

No existen corporaciones que utilicen la tecnología 3D en el sector de la fabricación de autopartes en Ecuador. Con la introducción de este método de fabricación, la empresa CIOTEC podría obtener importantes ventajas competitivas en el mercado frente a sus rivales. Además, esto se debe a que mediante el uso de impresión 3D, es posible para la industria de producción de autopartes adaptarse a la complejidad geométrica y lograr una capacidad de personalización distintiva al fabricar piezas de automóviles únicas para el mercado global (Jiménez, 2019).

La cadena de suministro de autopartes y accesorios del modelo HAVAL M4 se ha visto afectada debido a que es un modelo que se dejó de ensamblar en su fuente, China, en el año 2016 y en el mercado ecuatoriano en el año 2020. La empresa comercializadora Ambacar ha tomado la decisión de producir varios repuestos en el mercado local mediante métodos clásicos de manufactura. Esto ha generado altos costos de producción, inventario y baja diversidad en los repuestos producidos, sin poder abarcar la demanda del mercado ecuatoriano.

Los componentes desarrollados mediante impresión en 3D se realizan mediante la adición de capas secuenciales sobre una placa de construcción base de impresión (Savastano et al., 2016). El uso de capas a través de diversas técnicas de deposición permite la fabricación de detalles de componentes intrincados y, al mismo tiempo, elimina en su mayoría, los costos de herramientas asociados con las técnicas de fabricación tradicionales. Esta característica de la impresión 3D proporciona al método de fabricación una ventaja competitiva necesaria para su uso en aplicaciones de bajo volumen y alta personalización.

Finalmente, en el proyecto se busca, que mediante el montaje de la unidad de producción de autopartes por impresión 3D, la empresa CIOTEC pueda dar soporte y comercializar repuestos que no se producen. Esto representa mejores diseños y una reducción en gastos que conllevan en la producción por otros procesos de fabricación.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día, la industria del diseño y fabricación de piezas ha cambiado rápidamente gracias a la llegada de tecnología de impresión 3D (manufactura aditiva). Dentro del

campo del área automotriz, esta tecnología ha permitido optimizar el tiempo para desarrollar autopartes con estructura más ligera y compleja (Shahrubudin, 2019).

La cadena de suministro de repuestos para el sector automotriz ecuatoriano depende principalmente de China (AEADE, 2022). La logística de importación se realiza en su mayoría por vía aérea o marítima, y el tiempo de transporte hasta Ecuador está entre 40 y 60 días por mar y 15 a 30 días por aire, sin tomar en cuenta el tiempo de recolección del producto en el país de origen y la nacionalización de este en el país de destino. Generalmente la suma de estos tiempos repercute en la misma cadena de suministro (Noroña Merchan & Gómez Berrezueta, 2018b).

En Ecuador, el parque automotor cuenta con vehículos fabricados en diversos países. Se encuentran marcas de vehículos de gama alta como Porsche, los cuales sus repuestos tienen poca rotación, y de gama baja como Chery, en los cuales los repuestos de la parte electrónica, como son los sockets de conexión de sensores, no son fáciles de conseguir (AEADE, 2022). Es decir, existen autopartes que debido a su complicada adquisición resulta difícil localizarlos en el mercado nacional, pero son factibles de producirlos mediante impresión 3D (manufactura aditiva) y el proyecto busca analizar esta solución para autopartes del sistema eléctrico y accesorios del compartimiento del motor del vehículo HAVAL M4.

La forma tradicional de producir autopartes presenta muchos problemas, esto debido a que generalmente se produce un molde para luego producir lotes de grandes cantidades, de acuerdo con la muestra. Algunos de los problemas son: la producción del prototipo, el tiempo en el proceso de diseño y fabricación, y el alto costo de investigación y desarrollo. En el servicio de posventa de automóviles, la impresión 3D representa varias oportunidades para vehículos de alta gama e importados. Al mismo tiempo, los repuestos en el vehículo HAVAL M4 han dejado de producirse y no se pueden localizar fácilmente debido a que se trata de un modelo discontinuado. De una manera práctica, la aplicación de la impresión 3D puede resolver todos los problemas descritos anteriormente, lo que permite un importante desarrollo de la industria automotriz y una gran oportunidad para su investigación en el proyecto a ser desarrollado (Yao, 2021).

El proyecto se va a realizar en las instalaciones de la empresa CIOTEC, esta se dedica a la comercialización de repuestos y mantenimiento de vehículos chinos. Esto

representa su giro de negocio y tiene una gran demanda de piezas que no se producen para el modelo HAVAL M4.

El proyecto se fundamenta considerando que el proceso de impresión 3D es totalmente diferente de métodos clásicos de producción, que generalmente se basan en el desbastado de piezas fundidas, y presenta varias ventajas al ser un proceso de prototipado rápido en donde se disminuye el desperdicio de materia prima, el costo del reproceso de materiales, y el costo de fabricación de moldes (Schmitt et al., 2020). Además, la impresión 3D ha evolucionado como una técnica diversificada para la creación rápida de prototipos, la fabricación en gran escala y la producción de piezas personalizadas (Singh et al., 2020a). Por lo tanto, se desarrollará un proyecto que busca evaluar todas estas ventajas de este proceso en la implementación de una unidad de manufactura en la empresa CIOTEC de autopartes del sistema eléctrico y accesorios del compartimiento de motor del vehículo HAVAL M4 que circula en el mercado ecuatoriano.

Objetivo general

Diseñar y montar una unidad de manufactura aditiva de autopartes del sistema eléctrico y accesorios del compartimiento del motor del vehículo HAVAL M4 para la empresa CIOTEC.

Objetivos específicos

- Analizar las ventajas técnicas de la producción de piezas mediante impresión 3D para la industria automotriz ecuatoriana.
- Determinar los requerimientos de diseño para el montaje de la unidad de manufactura.
- Seleccionar el material que cumpla con los parámetros mecánicos de las piezas seleccionadas.
- Diseñar el layout de la unidad de manufactura.
- Realizar el análisis técnico económico de la unidad de manufactura.
- Montar la unidad de manufactura y realizar pruebas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Manufactura Aditiva

1.1.1. Antecedentes

El prototipado rápido fue desarrollado en los años 80, por medio del diseño asistido de computador (CAD), para plasmar las ideas que los ingenieros tienen en mente (Wong & Hernandez, 2012). La manufactura aditiva (AM), es uno de los primeros procesos dentro del prototipado rápido, en donde existen varios beneficios en producción, como es la reducción de la intervención del hombre, menores costos y tiempos de fabricación, y un control total del ciclo del proceso (Wong & Hernandez, 2012). La AM surgió a la par de los avances tecnológicos como el incremento de la potencia y la capacidad de almacenamiento de computadores, que permitieron que los modelos en 3D desarrollados por diseño asistido por computador sean más fáciles de manejar (Gibson, 2021b).

Las tecnologías actuales de la manufactura aditiva se basan en 4 patentes: fotopolimerización en cuba, fusión por lecho de polvo atomizado, extrusión de material y la inyección de aglutinante (Gao, 2015). Las ciencias aplicadas en la manufactura aditiva se adaptan a una gran gama de aplicaciones desde la industria aeroespacial, la medicina, ingeniería, industria alimenticia, sistemas bilógicos y automoción (Gao, 2015). La AM ha sido parte fundamental de la manufactura 4.0, acreditada como la cuarta revolución industrial, y donde se combinan tecnologías físicas y digitales como la robótica, la analítica, la fabricación aditiva, el procesamiento del lenguaje natural, la realidad aumentada y la informática de alto rendimiento (Haleem & Javaid, 2019). En el proceso general de la manufactura aditiva se obtiene un objeto físico partiendo de un modelo 3D o diseño asistido por computador; el objeto físico se obtiene añadiendo material capa por capa, en donde los materiales pueden ser metálicos, cerámicos, termoplásticos, entre otros (Haleem & Javaid, 2019).

El mercado del prototipado rápido, que es la base de la manufactura aditiva ha tenido gran crecimiento desde su aplicación y origen en los años 80, en la Figura 1.1, se observa la tendencia de aumento, debido a la calidad en sus productos, costos y diversidad de aplicaciones.

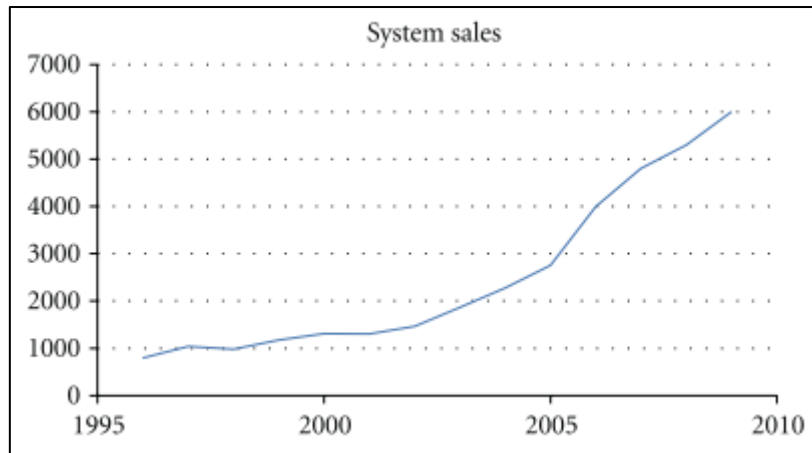


Figura 1.1. Crecimiento de la AM.
(Fuente: Wong & Hernandez, 2012)

1.2. Sistemas CAD y CAM

El Diseño Asistido por Computador o denominado CAD (Computer Asist Design) en inglés, consiste en la creación de modelos informáticos basados en parámetros geométricos que en conjunto con la Fabricación Asistida por Computador (Computer Aided Manufacturing - CAM), permiten el desarrollo de actividades relacionadas con el ciclo de vida, para un producto, desde la conceptualización, diseño, fabricación, ensamblaje, distribución, uso, mantenimiento y la reutilización (Ullah & Harib, 2018).

Dentro de los sistemas CAD/CAM, existe una génesis que es el desarrollo de un modelo a través de herramientas tecnológicas como el computador, donde la visualización en la pantalla de un sistema o una parte de un producto, permite realizar los cambios que se crean necesarios de manera muy fácil y al instante, dentro de un entorno donde el diseñador puede simular las condiciones reales en las cuales se va a trabajar (Khan & Mishra, 2019).

Los procesos del diseño asistido por computador tienen las siguientes fases: requerimientos del objeto que se va a desarrollar, la fijación de los componentes y el planteamiento tridimensional en el computador para su posterior simulación, como se observa en la Figura 1.2. De la misma manera es la base de la ingeniería a la inversa, donde se parte de un modelo ya establecido u objetos estándar para la simulación y fabricación del mismo.

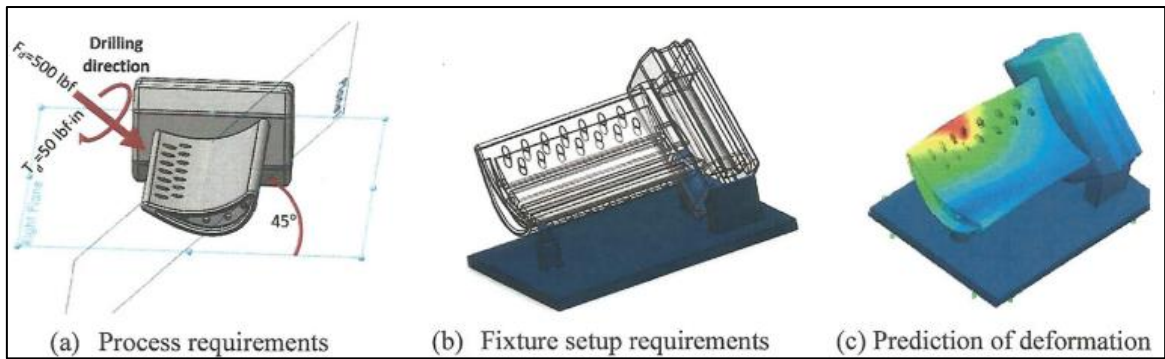


Figura 1.2 Proceso CAD
(Fuente: Wang & Bi, 2019)

Las ventajas del proceso CAD/CAM radican principalmente en la reducción en los desperdicios de la materia prima, se optimiza la energía de fabricación, aumenta la velocidad en la producción de partes, así como su calidad debido a la precisión de las herramientas.

Según (Khan & Mishra, 2019), existen 5 retos en la fabricación CAD/CAM:

- Escasez de mano de obra calificada.
- Actualización de equipos.
- Mantenimiento del nivel de inventario adecuado.
- Altos costos de empleabilidad.
- Cambios en la robótica y los procesos de automatización.

La escasez de mano de obra correctamente calificada tiene su causa en que no existe transición en las personas calificadas, es decir, en pocos años existirá un número considerado de jubilados que deberán ser reemplazados, y debe existir personal adecuado en asumir este sector de la industria. En lo que respecta a la actualización de equipos, los sistemas CAD/CAM deben estar a la vanguardia global, ya que esto permite la creación de nuevos diseños adaptados a las necesidades actuales, y permite adaptar nuevos procesos de fabricación que sean más eficientes. El nivel de inventario presenta el mayor desafío en la cantidad de piezas que se almacenan y distribuyen, donde su codificación mayoritariamente se debe hacer con software que identifique código de barras. Los costos en la empleabilidad, por otro lado, son elevados debido a la capacitación que se requiere, que resultan en experticia necesaria, ya que la robótica y la automatización avanzan a pasos agigantados (Khan & Mishra, 2019).

1.3. Impresión 3D

El proceso de la impresión 3D consiste en unir uno o distintos tipos de materiales de ingeniería, capa por capa hasta lograr formar un elemento, a partir de un modelo tridimensional previamente diseñado por computador (Holzmann, 2017). La importancia y aplicación de la impresión 3D, radica en que es un proceso simple, que no requiere lubricante o refrigerante, se adapta a distintos materiales como metales, cerámicos, polímeros y compuestos, logrando la creación rápida de prototipos lo que permite la fabricación en serie de elementos y de manera personalizada (Holzmann, 2017; Huang, 2013). En la Figura 1.3 se representa las técnicas, materiales, aplicaciones, ventajas y limitaciones en torno a la impresión 3D.

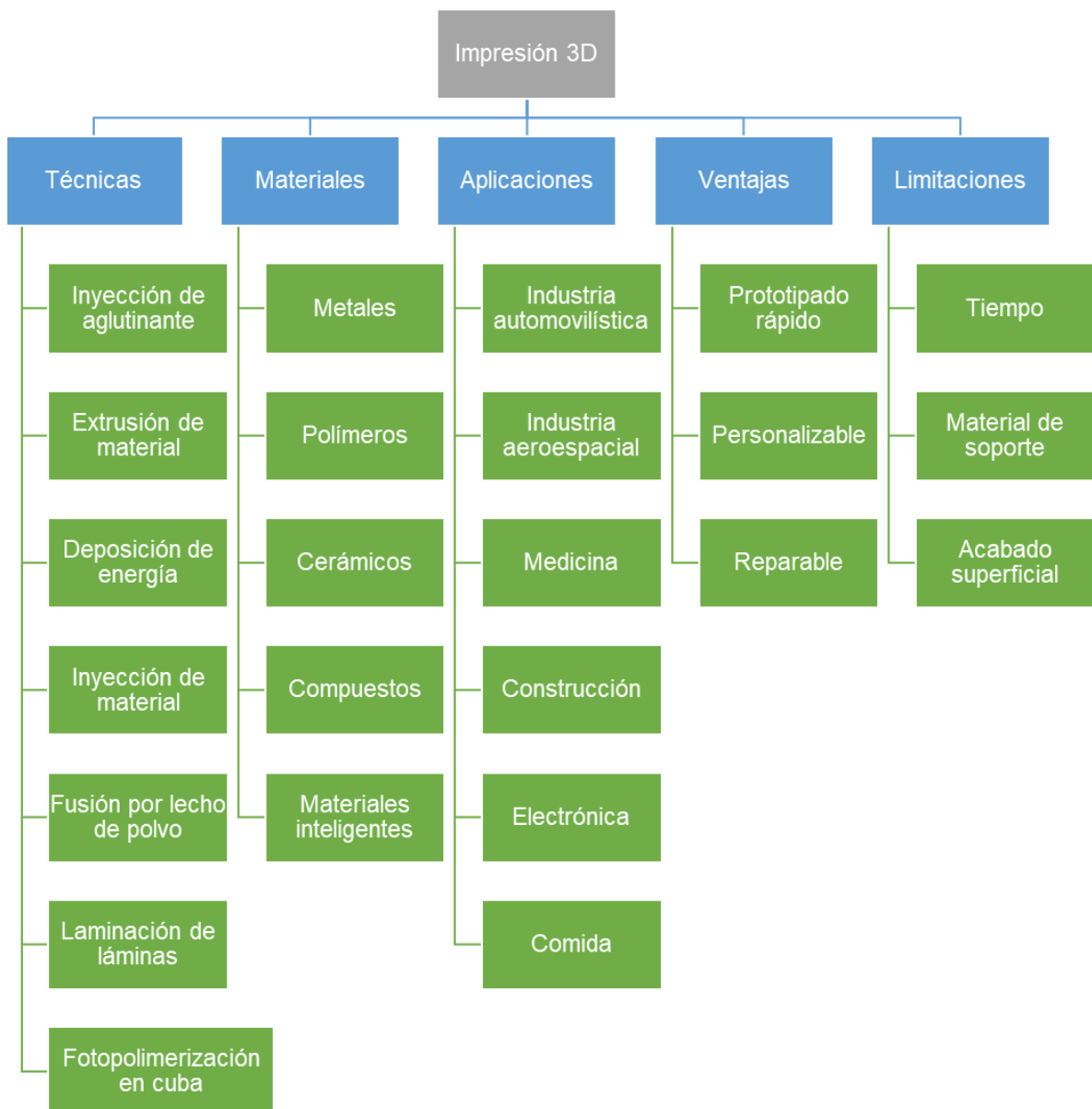


Figura 1.3. Resumen impresión 3D.
(Fuente: Holzmann, 2017)

La impresión 3D se da en 3 pasos esenciales que se describen a continuación:

- Desarrollo de un modelo en 3D, y su posterior transformación a lenguaje de manufactura aditiva estándar que pueda procesar una impresora 3D.
- El archivo se ingresa en una impresora 3D, donde un software específico posiciona el elemento y optimiza el proceso que posteriormente construirá la pieza.
- Se construye el elemento capa por capa (Huang, 2013).

En la Figura 1.4 se visualiza el proceso de impresión 3D, capa por capa:

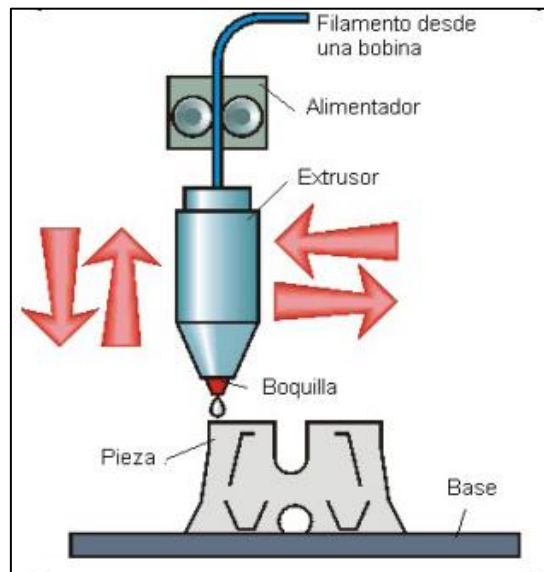


Figura 1.4. Proceso de impresión 3D.
Fuente: (Odremán, 2014).

1.3.1. Técnicas de impresión 3D

Como se mencionó en la sección 1.3, basado en la ASTM Standard F2792, en este apartado se describen los procesos de manufactura aditiva (ISO/ASTM, 2013).

1.3.1.1. Inyección de aglutinante (binder jetting).

Es el proceso de manufactura aditiva donde se deposita un aglutinante líquido con la ayuda de un chorro, sobre una capa de material en polvo (ISO/ASTM, 2013). Los materiales que pueden ser trabajados son metales, polímeros, cerámicos y compuestos; dentro de las ventajas se encuentra su alta velocidad, altos volúmenes de construcción y económico; mientras las limitaciones están el acabado superficial deficiente y las piezas producidas son delicadas (Mostafaei, 2018; Ziaee & Crane, 2019).

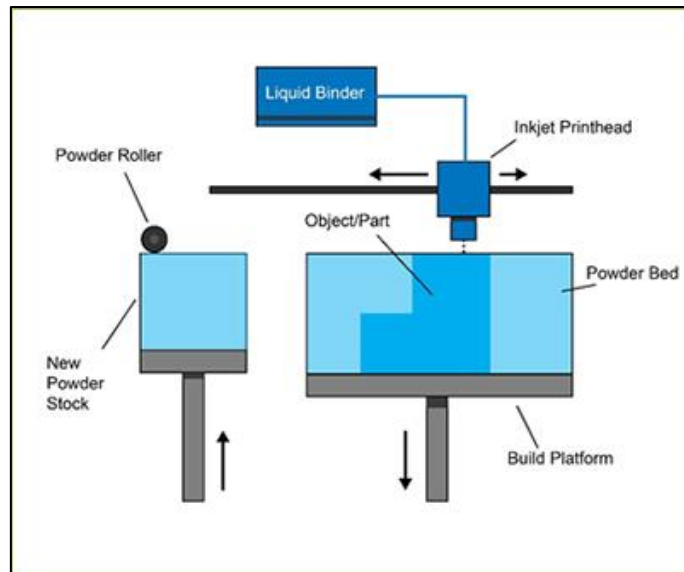


Figura 1.5. Inyección de aglutinante (binder jetting).
 (Fuente: *Binder Jetting | Additive Manufacturing Research Group | Loughborough University, n.d.*)

1.3.1.2. Extrusión de material (material extrusion)

El material es aumentado de temperatura hasta lograr tenerlo en un estado semisólido, posteriormente logrando la extrusión del material a través de un orificio o boquilla (ISO/ASTM, 2013; Singh et al., 2020b). Los materiales utilizados en este proceso son polímeros y compuestos. Su ventaja se encuentra en la aplicación de más de un material, es multicolor, es económico y produce piezas totalmente funcionales; mientras que la limitación se encuentra a anisotropía vertical, que refiere a la variación de las propiedades geométricas en el eje vertical (Ferrández-Montero, 2020; Serdeczny, 2020).

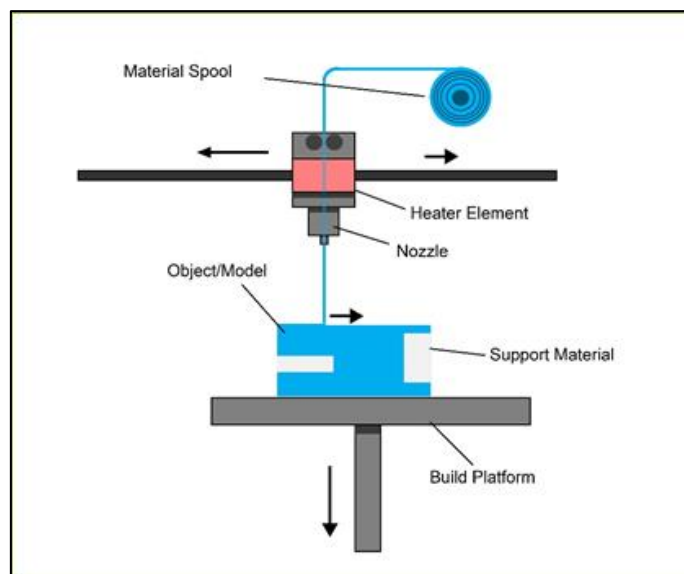


Figura 1.6. Extrusión de material (material extrusion)
 (Fuente: *Binder Jetting | Additive Manufacturing Research Group | Loughborough University, n.d.*)

1.3.1.3. Deposición de energía dirigida

Es similar a los procesos de extrusión de materiales, donde se funde el material focalizado, ya que se tiene mayor grado de libertad en la boquilla (ISO/ASTM, 2013; Singh, 2020). Se utiliza materiales compuestos y metálicos, las ventajas radican en los grados de libertad de la boquilla ideal para reparar piezas y la alta calidad en la producción, mientras que la principal limitación es mantener un balance entre velocidad de extrusión y acabado final (Li, 2019; Pirch, 2019).

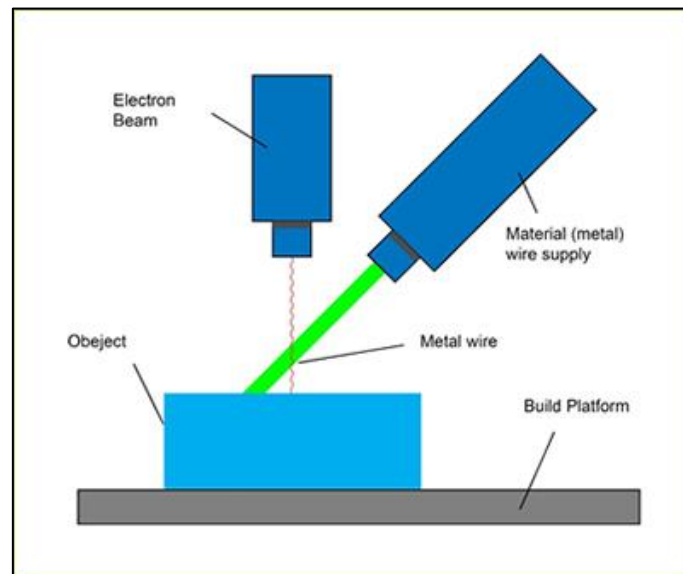


Figura 1.7. Deposición de energía dirigida (directed energy deposition).
(Fuente: *Binder Jetting | Additive Manufacturing Research Group | Loughborough University*, n.d.)

1.3.1.4. Inyección de Material (material jetting)

Es el proceso de manufactura aditiva en el cual, se deposita material en forma de gotas a través de un dispensador, para posterior ser solidificado por medio de una luz ultravioleta (ISO/ASTM, 2013; Singh, 2020). Se utilizan materiales de construcción como polímeros, cerámicos, compuestos e híbridos; las ventajas son la impresión multi material, superficies lisas logradas y alta precisión dimensional, mientras que las limitaciones es el alto soporte necesario en el proceso y el uso limitado de materiales (He, 2017; Lee, 2017).

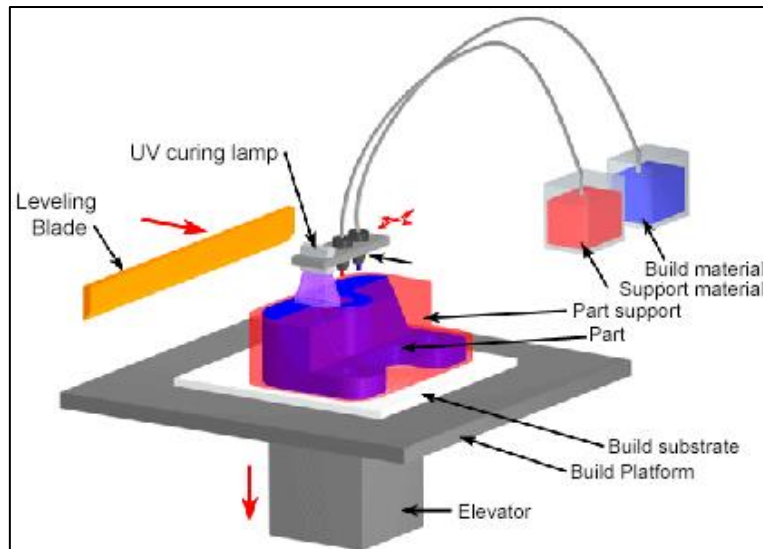


Figura 1.8. Inyección de Material (material jetting).

(Fuente: *Binder Jetting | Additive Manufacturing Research Group | Loughborough University, n.d.*)

1.3.1.5. Fusión por lecho de polvo

Es el proceso mediante el uso de energía térmica producida por un láser, que permita fundir de manera selecta ciertas zonas del lecho de polvo (ISO/ASTM, 2013; Singh et al., 2020b). Las variedades de materiales que pueden utilizarse son: metales, cerámicos, polímeros, compuestos e híbridos; las ventajas de la técnica van desde la alta velocidad de producción, buena precisión, hasta ser considerado un proceso económico, mientras las limitantes son los pequeños tamaños de las piezas que se construyen y acabado superficial deficiente (Dechet, 2020; Morton, 2020; Verga, 2020).

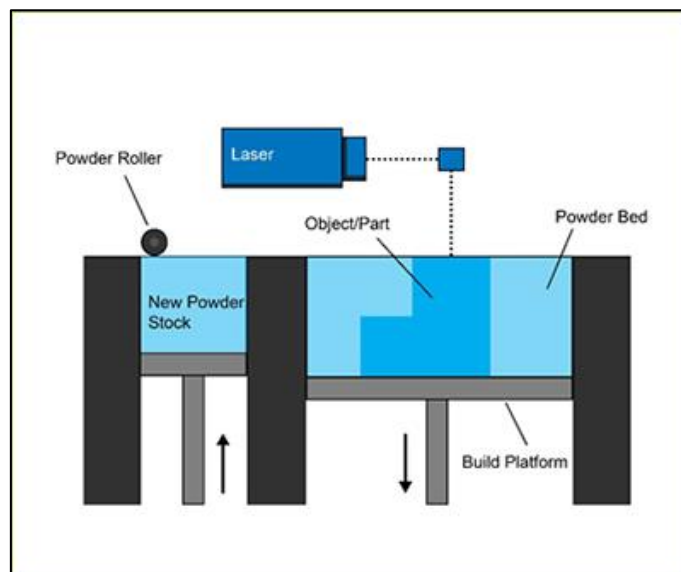


Figura 1.9. Fusión de lecho de polvo (powder bed fusión).

(Fuente: *Binder Jetting | Additive Manufacturing Research Group | Loughborough University, n.d.*)

1.3.1.6. Laminación de hojas.

Es un proceso de fabricación donde se unen varias hojas o placas para formar un objeto deseado, mediante soldadura de tipo ultrasónica (ISO/ASTM, 2013; Singh, 2020). Se puede usar para la construcción de piezas en polímeros, cerámicos y metales; las ventajas del proceso de laminación son las impresiones en variedad de colores, la facilidad en la manipulación de los materiales de fabricación, se puede reciclar los sobrantes y es relativamente barato en comparación a otros procesos; las limitaciones van desde la poca variedad de materiales a utilizarse, un acabado de las superficiales deficientes y la resistencia mecánica varía de acuerdo al tipo de adhesivo usado para unir las hojas (Gibson, 2021a).

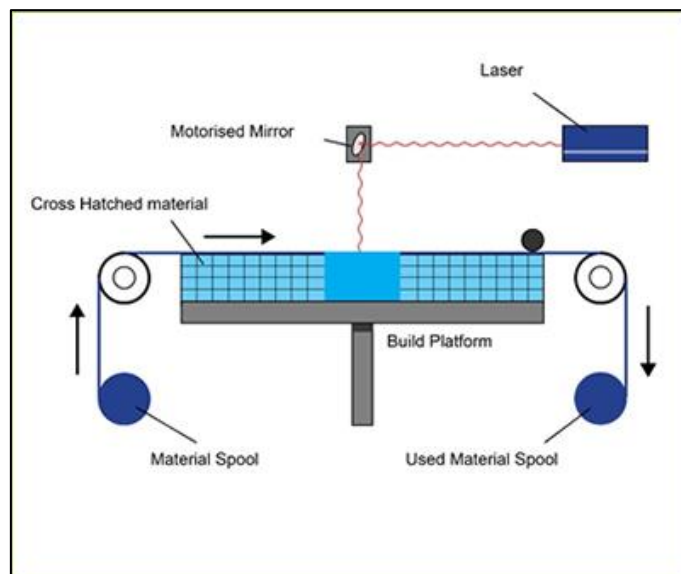


Figura 1.10. Laminación de hojas (sheet lamination).

(Fuente: *Binder Jetting | Additive Manufacturing Research Group | Loughborough University*, n.d.)

1.3.1.7. Fotopolimerización en cuba.

Es un proceso donde se hace incidir luz sobre un polímero dentro de una cuba permitiendo la solidificación capa por capa, logrando una fotopolimerización hasta obtener el objeto deseado (ISO/ASTM, 2013; Singh, 2020). Los materiales usados para este proceso de impresión 3D son los polímeros y cerámicos, adicional las ventajas que existen radican en la alta precisión en las piezas terminadas y buen acabado superficial, mientras los limitantes son el bajo rango de materiales y bajas propiedades mecánicas de los objetos (Aduba, 2019; Hafkamp, 2018).

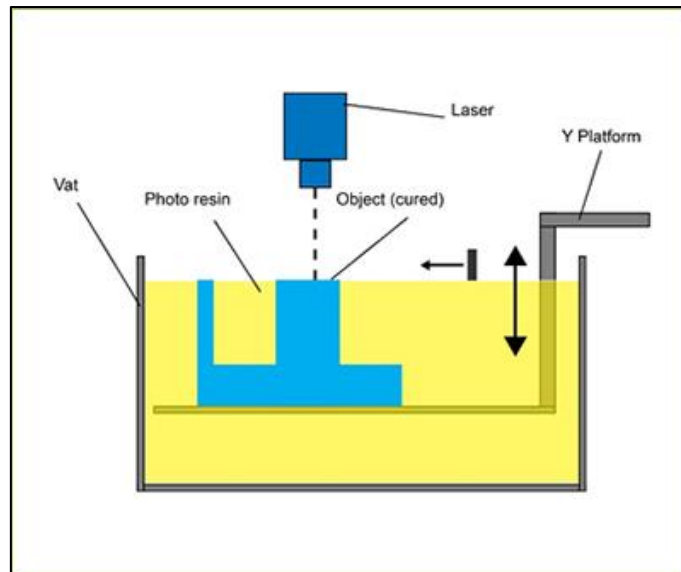


Figura 1.11. Fotopolimerización en cuba (vat photopolymerization).
 (Fuente: *Binder Jetting | Additive Manufacturing Research Group | Loughborough University, n.d.*)

1.4. Autopartes automotrices

Las autopartes automotrices son aquellas piezas o el conjunto de piezas que se encuentran formando parte del automotor y se unen en el proceso de ensamblaje, o pueden encontrarse por separado como accesorios de repuestos (Noroña Merchan & Gómez Berrezueta, 2018a).

1.4.1. Cadena de suministro en la fabricación de autopartes

La fabricación y distribución de autopartes demanda de procesos óptimos en todas sus fases, lo que ha obligado a las empresas a optar por formar una cadena de suministros que permita agilizar los procesos, manteniendo o aumentando la calidad y la economía. La cadena de suministro (Supply Chain por sus siglas en inglés), es el medio de fabricación y distribución de productos finales, consta de 3 partes:

- Suministro de materias primas.
- Fabricación de productos.
- Distribución de productos a empresas de venta o ensamble (Noroña Merchan & Gómez Berrezueta, 2018).

Una cadena estratégica permite controlar la calidad del producto en la fabricación, utilizando la tecnología adecuada en planta y la calidad de los materiales de proveedores (Noroña Merchan & Gómez Berrezueta, 2018a). Una parte importante de la cadena de suministro es el control de la producción donde el producto final fabricado

procede a su posterior distribución. En el caso de la fabricación de autopartes se han adaptado tecnologías nuevas como la manufactura aditiva relacionada a la impresión 3D, que ha permitido aumentar los volúmenes de producción, la calidad y tiempos de entrega (He, 2017).

1.4.2. Manufactura aditiva de autopartes

El mayor porcentaje de la fabricación de autopartes se ha dado por procesos de fundición por moldes de arena, cera perdida, fundición por presión y por gravedad, pero durante las últimas décadas y gracias a las nuevas tecnologías han dado paso a la cuarta revolución industrial donde se encuentra a la vanguardia la manufactura aditiva (impresión 3D), por factores como el menor tiempo en la fabricación, simulaciones de funcionamiento previas, mejores acabados, desarrollo de formas complejas, producción en serie y la disminución de costos de fabricación (Romero, 2019).

1.5. Modelos de distribución de planta

La distribución de planta es el diseño de los espacios y áreas de una instalación para que los materiales, procesos y recursos humanos se gestionen de manera segura, eficiente y efectiva (Hill, 2012). Además, se pueden identificar diferentes modelos de distribución de planta en función de los objetivos o lineamientos de la empresa.

1.5.1. Proceso de producción

Se conoce como proceso de producción a la serie de pasos para llevar a cabo la transformación de los materiales o insumos en un producto final mediante la contribución de tecnología, materiales y fuerza de trabajo (Tompkins, 2010). Un proceso de producción se clasifica en función de su flujo productivo o del tipo de producto a manufacturar. Para el caso de CIOTEC, el proceso de producción en la unidad de manufactura incluye la digitalización, la impresión y el postproceso de las piezas.

1.5.2. Ingeniería de procesos

El campo de la ingeniería de procesos abarca a toda la rama de la ingeniería enfocada en el diseño, la mejora y la optimización de procesos de producción (Tompkins, 2010).

Todos estos requerimientos se reflejan mediante un flujo de procesos del producto a desarrollar. Para CIOTEC, la ingeniería de procesos involucra la identificación de los pasos más eficientes para la manufactura aditiva de repuesto, el desarrollo de protocolos de seguridad y la optimización de los tiempos de fabricación.

1.5.3. Diseño del flujo de procesos

El diseño del flujo de procesos es la visualización gráfica del proceso de producción de una instalación, desde el inicio hasta el final. El diseño de flujo de procesos es útil para identificar cuellos de botella, pasos innecesarios o ineficientes y otras oportunidades de mejora (Hill, 2012). En CIOTEC, el diseño de flujo de procesos incluye la identificación de los lugares donde se pueden producir retrasos o problemas.

1.5.4. Modelos de circulación

La circulación es la manera en que los materiales, el personal y otros recursos se mueven a través de la instalación en un flujo determinado (Rosenthal & Rosnow, 2008). El modelo de circulación elegido puede afectar la eficiencia y la seguridad de la instalación. En CIOTEC, la circulación se refiere a cómo la materia prima circula de una etapa del área de manufactura a otra.

1.5.5. Capacidad de las operaciones

Este aspecto se refiere a la cantidad máxima de producción que puede ser alcanzada en un tiempo determinado. La capacidad de las operaciones puede ser medida en términos de unidades de producción o de tiempo (Hill, 2012). En CIOTEC, la capacidad de las operaciones se mide en términos de las horas de producción de repuestos por día.

1.5.6. Localización y/o ubicación de la planta

La localización de planta es el proceso de discriminación del lugar adecuado para la instalación. Se deben considerar factores como la disponibilidad de recursos, la accesibilidad, la infraestructura y el costo (Tompkins, 2010). En el caso de CIOTEC, se encuentra ubicado en una zona comercial o de alta demanda.

1.5.7. Distribución de planta

La distribución de planta es la organización de los diferentes elementos dentro de un espacio determinado para optimizar el flujo de producción y minimizar los costos. Esta organización guardar coherencia con

- El proceso de producción.
- La demanda del mercado.
- La disponibilidad de recursos.
- La estrategia de la empresa.

La distribución de planta busca mejorar la eficiencia de la empresa a través de la minimización de costos, la reducción del tiempo de producción y la optimización del uso del espacio y de los recursos (Tompkins, 2010).

1.5.7.1. Objetivo de la distribución de planta

El objetivo principal de la distribución es conseguir una configuración óptima de la empresa en términos de flujo de trabajo, seguridad y comodidad para los trabajadores, y eficiencia en la producción. Además, busca minimizar el tiempo de producción, mejorar la calidad del producto final y reducir los costos de producción (Tompkins, 2010).

1.5.8. Tipos de disposición de distribución de planta

Existen diferentes modelos de distribución de planta, cada uno con sus propias ventajas y desventajas, y que se utilizan en función de los objetivos de cada empresa y del proceso de producción (Niebel & Freivalds, 2014). A continuación, se describen algunos de los modelos más comunes:

1.5.8.1. Disposición por componente principal fijo

Este modelo se utiliza cuando el proceso de producción se efectúa en equipos o maquinarias específicas (Niebel & Freivalds, 2014). Se dispone la planta en torno a estos componentes fijos, de manera que se optimice el flujo de trabajo y se minimicen los movimientos innecesarios de los trabajadores.

1.5.8.2. Disposición por proceso o función

En este modelo, las diferentes áreas de la empresa se organizan en función de las varias fases del proceso de manufactura, de manera que se optimice el flujo de trabajo (Niebel & Freivalds, 2014). Por ejemplo, una empresa de fabricación de alimentos puede tener una sección para la recepción de materias primas, otra para la preparación, otra para la cocción y otra para el empaque.

1.5.8.3. Disposición por producto o en línea

Para este modelo, los diferentes procesos de producción están organizados de acuerdo al tipo de producto que se manufactura, de manera que se optimice el flujo de trabajo y se minimice los movimientos innecesarios (Niebel & Freivalds, 2014). Este modelo se utiliza en la producción en masa y se utiliza para fabricar grandes cantidades de un producto específico.

1.5.9. Comportamiento de las distribuciones de planta básicas

Existen dos tipos básicos de distribución de planta: orientada al proceso y orientada al producto (Niebel & Freivalds, 2014).

1.5.9.1. Orientadas al proceso

Este comportamiento de distribución orientado al proceso se caracteriza por agrupar las máquinas y equipos por su función específica en el proceso de manufactura. En este caso, el flujo de producción se hace por fases, lo que significa que los materiales se van transformando hasta convertirse en producto final (Niebel & Freivalds, 2014). Este tipo de distribución es adecuado para procesos de producción en los que los productos son variados o los procesos son complejos.

1.5.9.2. Orientadas al producto

Las distribuciones de planta orientadas al producto se caracterizan por agrupar los recursos de la planta en torno al producto que se está fabricando (Niebel & Freivalds, 2014). En este caso, el flujo de producción se hace por líneas de producción, lo que significa que los materiales pasan de inmediato a la siguiente etapa del proceso de fabricación hasta conseguir el producto final.

1.6. Datos del modelo de estudio

El automóvil HAVAL M4, es un automotor de combustión interna producido por la marca China GREAT WALL MOTORS. Se caracteriza por ser un automotor compacto a gasolina, y el segundo automóvil más vendido de la empresa Ambacar (Ambacar & Ciauto, 2020).

Este automóvil tiene una gran demanda en el mercado ecuatoriano, por lo que mantener la producción de autopartes es indispensable para permanecer dentro de los parámetros de competencia.

En cuanto a la fabricación, la marca HAVAL tiene plantas en varias partes del mundo, incluyendo China, Tailandia, Rusia y Egipto, entre otros países. Además, al ser un modelo de alta importancia dentro de la empresa, HAVAL M4 ha sido ensamblado desde el 2015 hasta el 2021 en Ecuador.

1.6.1. Precio de comercialización

Dependiendo del equipamiento del vehículo se comercializan dos precios bases del vehículo (Ambacar & Ciauto, 2020):

- HAVAL M4 2020 1.5 L
 - TM (Transmisión Manual)
 - Precio desde 17.990 dólares

- HAVAL M4 2020 1.5 L
 - TA (Transmisión Automática)
 - Precio desde 19.990 dólares

1.6.2. Especificaciones técnicas del modelo

A continuación, en la tabla se muestran las especificaciones técnicas del modelo HAVAL M4.

Tabla 1.1. Especificaciones técnicas modelo HAVAL M4

Motor	Gasolina de 1.5 litros de 16 válvulas con 4 cilindros en línea
Potencia máxima:	147 caballos de fuerza [hp] a 5.600 revoluciones por minuto [rpm]
Torque máximo	210 [Nm] a 2.200-4.500 [rpm]
Transmisión	Caja manual de 6 velocidades. Caja automática de 6 velocidades.
Capacidad de pasajeros	5
Capacidad de maletero	310 [litros]
Dimensiones	4.335 [mm] de largo x 1.814 [mm] de ancho x 1.685 [mm] de alto
Peso	Entre 1.340 y 1.485 kilogramos, dependiendo de la versión
Velocidad máxima	Hasta de 180 [km/h]

(Fuente: (Ambacar & Ciauto, 2020)

1.7. Datos CIOTEC

La empresa CIOTEC es la consignada para establecer la unidad de manufactura de repuestos, forma parte de las PYMES y desarrolla como actividad económica el servicio de mantenimiento e inspección de vehículos livianos y venta de repuestos de diversas marcas.

Debido al crecimiento de la demanda de repuestos de vehículos de origen chino, desde el año 2019, CIOTEC incorpora a su inventario una variedad de autopartes de modelos como HAVAL M4. Convirtiéndose en proveedor ocasional del concesionario Ambacar.

La empresa CIOTEC se encuentra en la ciudad de Quito, en el sector La Mariscal, entre las calles 9 de Octubre y Javier Ascázubi, y en la Figura 1.12, se muestra su ubicación en el mapa.

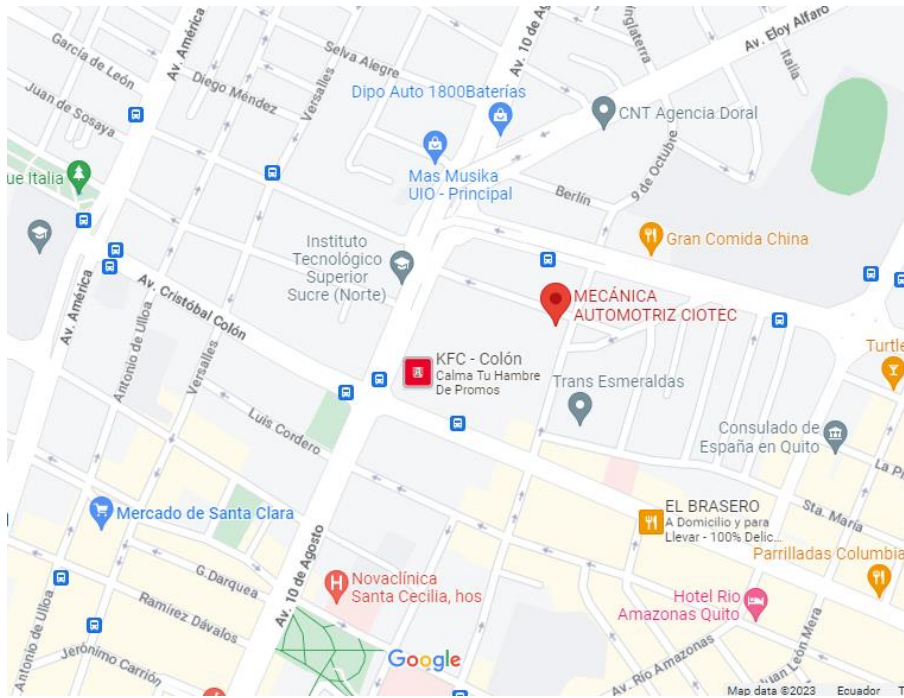


Figura 1.12. Ubicación empresa CIOTEC.
(Fuente: GOOGLE, 2023)

En el Anexo I, se muestra el layout de la empresa CIOTEC.

2. METODOLOGÍA

En el capítulo previo se indaga en los fundamentos teóricos para la realización del presente proyecto. A continuación, se detalla el proceso metodológico para la selección de equipos y materiales que serán utilizados para el diseño y montaje de la planta

2.1. Generalidades del montaje de la unidad de manufactura

Para la elaboración del proyecto en mención, se inicia de la definición del problema planteado en el capítulo 1 y como se muestra en la Figura 2.1 en el paso 1. En base a los criterios y necesidades del cliente (Mercado de accesorios automotrices) se plantean los parámetros y requerimientos correspondientes para el diseño de la unidad de manufactura que refieren a la voz del ingeniero y voz del usuario presentados en la sección 2.2 y en el paso 2.

Mediante los resultados de la voz del usuario y la voz del ingeniero se procede a construir el siguiente paso 3, que refiere a la casa de la calidad, ver sección 2.2.2. Luego, el siguiente paso 4, es determinar que parámetros y especificaciones son más influyentes para el diseño de la unidad de producción, siendo estos datos específicos presentados en la sección 2.2.3.

En la siguiente sección 2.2.42.3, se desarrolla el paso 5 que envuelve al análisis funcional de la unidad de manufactura, y para tener una mejor comprensión del flujo de esta, se divide en nivel cero y nivel uno.

Después, como se muestra en la Figura 2.1 en el paso 6, se plantean distintas alternativas para cada módulo y en la sección 2.3 en el paso 7 y 8, en base al método de residuos ponderados, se selecciona la mejor opción.

Al ser seleccionada la mejor alternativa se procede a realizar el estudio técnico/económico en el paso 9 para verificar que la unidad de manufactura cumpla con los requerimientos establecidos por la voz del ingeniero y la voz del usuario.

A continuación, en el paso 10 se ejecuta el diseño de la unidad de manufactura y en el paso 11 se procede a realizar la selección de los equipos óptimos para la producción de accesorios y autopartes para la industria automotriz.

Finalmente, en el paso 12, se realiza las pruebas correspondientes en autopartes y accesorios seleccionados.

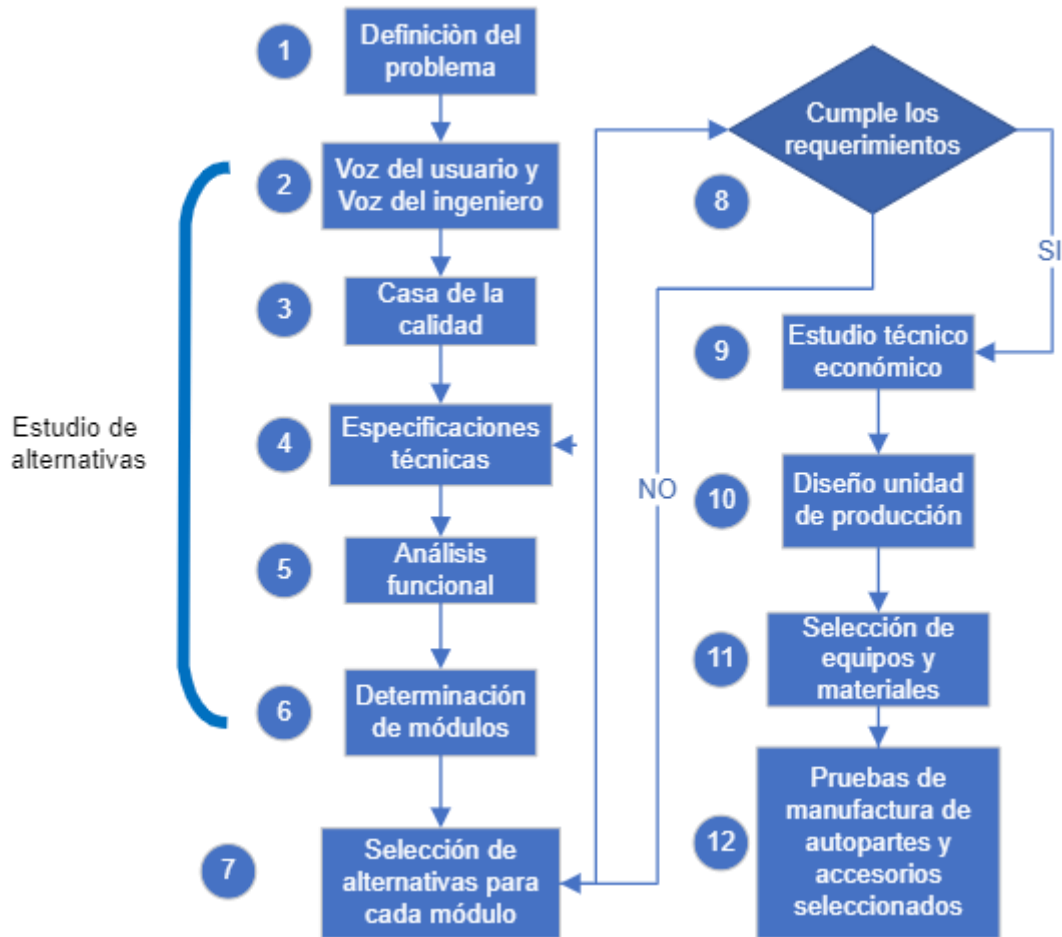


Figura 2.1. Flujograma unidad de manufactura.
(Fuente: Propia)

2.2. Estudio de alternativas de la unidad de manufactura

A partir de la definición del problema expresada en el paso 1, este subcapítulo abarca los pasos del 2 al 6 descritos en la Figura 2.1, en el cual se determina los parámetros y requerimientos fundamentales de la unidad de producción.

2.2.1. Voz del usuario y voz del ingeniero

Los requerimientos y demandas del mercado de autopartes y accesorios ecuatoriano se ven reflejados en la voz del usuario, y estas son:

- La unidad de manufactura debe producir piezas seguras con una subsistencia útil de 5 años.
- La unidad de manufactura debe reducir los tiempos de espera por repuestos.
- La unidad de manufactura debe fabricar cualquier tipo de autoparte y accesorio.
- La unidad de manufactura debe producir piezas de bajo costo.
- La unidad de manufactura debe producir piezas de peso considerablemente bajo.
- La unidad de manufactura debe ser adaptable para distintas piezas y geometrías.
- La unidad de manufactura debe garantizar piezas sin defectos u optimas.
- La unidad de manufactura debe satisfacer el volumen de demanda del mercado.
- La unidad de manufactura debe producir piezas con buen acabado superficial.
- La unidad de manufactura debe garantizar que las piezas resistan diferentes condiciones de trabajo.

A continuación, se enlistan los requerimientos técnicos que son las necesidades y demandas del usuario conjugada en la voz del ingeniero:

- Autopartes con resistencia mecánica.
- Tiempo de producción.
- Alcance dimensional.
- Costo.
- Peso.
- Alcance geométrico.
- Gestión de la calidad.
- Capacidad de producción.
- Acabado superficial.
- Selección de material.

2.2.2. Casa de la calidad

En base a empresas dedicadas a dar servicios de impresión 3D y que fabrican piezas y accesorios en plástico para distintos mercados, se procede a comparar las características de los servicios versus las especificaciones objetivo planteadas por el usuario. Esto se cumple mediante la casa de la calidad que está compuesta de matrices para facilitar el desarrollo de la función de la calidad, por sus siglas en inglés esta es

Quality Function Deployment (QFD), y logra transformar las demandas del usuario en requerimientos técnicos del producto.

Se realiza la casa de la calidad con un enfoque a las necesidades y requerimientos del mercado de autopartes y accesorios, ver Anexo I.

2.2.2.1. Resultados de la casa de la calidad

En la Tabla 2.1 se muestran los resultados de la casa de la calidad.

Tabla 2.1. Casa de la calidad para unidad de manufactura.

Demandas	Puntos de importancia
Básicas	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a condiciones de trabajo - Bajo costo - Geometrías complejas - Tiempo espera de repuesto
Unidimensionales	<ul style="list-style-type: none"> - Piezas seguras - Piezas sin defectos - Satisfacer la demanda
Estimulantes	<ul style="list-style-type: none"> - Buen acabado superficial - Fabricar autopartes y accesorios - Bajo peso

(Fuente: Propia)

Por lo tanto, del Anexo I, se puede concluir que el enfoque de la unidad de producción debe estar en 4 puntos importantes, que como resultado de la suma de su ponderación es igual a un 61% de las mejoras y el orden de importancia de estos es el siguiente: Resistencia a las condiciones de trabajo, bajo costo, bajo tiempo de espera de repuesto y geometrías complejas.

A partir del análisis anterior en la Tabla 2.2, se determinan los parámetros técnicos de la unidad de manufactura que constituyen la voz del ingeniero.

De la Tabla 2.2 que relaciona los deseos del cliente con características técnicas se puede concluir que existen parámetros no medibles como: alcance geométrico, gestión de la calidad y acabado superficial. Existen varios parámetros como el alcance dimensional, capacidad de producción y selección de material que dependen del equipo seleccionado.

Tabla 2.2. Características técnicas de la unidad de producción.

Característica	Magnitud	Unidad de medida
Resistencia mecánica	40	[Mpa]
Tiempo de producción	5	[días]
Alcance dimensional	300 x 300 x 340	[mm]
Costo	2	[dólar/hora]
Peso	1	[kg]
Alcance geométrico	(-)	(-)
Gestión de la calidad	(-)	(-)
Capacidad producción	60	[mm/s]
Acabado superficial	(-)	(-)
Selección Material	PLA, PTEG	(-)

(Fuente: Propia)

Se obtiene 4 características técnicas del producto que representan una incidencia del 63,3% del total. Estas características en la voz del ingeniero son: resistencia mecánica, tiempo de producción, costo y selección de material. Finalmente, para el diseño de la unidad de producción, los parámetros técnicos más importantes a considerar son:

- Alta resistencia mecánica
- Bajo tiempo de producción
- Bajo costo
- Selección de material óptimo

2.2.3. Especificaciones técnicas para la unidad de manufactura

A partir de las demandas mostradas en la voz del ingeniero y voz del usuario, y a partir de los resultados presentadas en el subcapítulo anterior de la casa de la calidad, la Tabla 2.3 expone el conjunto de las características más importantes que deben ser consideradas para el diseño de la unidad de manufactura. Las características más importantes permiten definir los parámetros sobre los cuales se debe generar la toma de decisiones para la selección de los distintos implementos y equipos que conformaran cada área de la unidad de manufactura.

Tabla 2.3. Características para el diseño de la unidad de manufactura.

Usuario: Unidad de producción de autopartes por impresión 3D		Productos: Piezas/Autopartes /Accesorios Automotrices		Fecha inicial: 10/01/2023 Última revisión: 15/04/2023
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función	10/1/2023	C+I	R	Producción de autopartes
		C+I	R	Producción de accesorios automotrices
Dimensión del producto	10/1/2023	I	R	Largo máximo 0,30 [m]
		I	R	Ancho máximo 0,30 [m]
		I	R	Alto máximo 0,34 [m]
Equipos y herramientas	10/1/2023	I	R	Computadora para modelado
		I	R	Impresora 3D
		I	R	Herramientas de desbaste
		C+I	D	Pintura
Energía	10/1/2023	I	R	Energía eléctrica para accionamiento de equipos varios 110 [V]
Estrategias de venta	10/1/2023	C+I	D	Publicidad en redes sociales
		C+I	D	Convenios con concesionarios
Tiempo de producción	10/1/2023	C	R	1-10 [días]
Material de producto	10/1/2023	C+I	R	PLA
		C+I	R	ABS

(Fuente: Propia)

Propone: C= Cliente; I= Ingeniería

R/D: R= Requerimiento; MR= Modificar requerimiento; NR= Nuevo requerimiento; D= Deseo.




2.2.4. Análisis funcional

Para una mejor comprensión de los procedimientos que se deben seguir para llegar a cumplir el objetivo del desarrollo de la unidad de manufactura, se utiliza la herramienta conocida como análisis funcional. Esta se explica mediante un diagrama de flujo en el

cual se representan las variables involucradas y en el que se evidencian las entradas y salidas.

Según la norma Verein Deutscher Ingenieure (VDI 2222), en la Tabla 2.4 se muestra la simbología a utilizar en los niveles principales de la unidad de manufactura.

Tabla 2.4. Simbología según norma VDI 2222.

Tipo de interface	Simbología
Interfaz de transferencia de materiales	Material 
Interfaz de energía	Energía 
Interfaz de señal	Señal 

(Fuente: Propia)

2.2.4.1. Desarrollo de diagramas funcionales

Nivel 0: En este primer nivel del proyecto se muestra de manera general el proceso de la unidad de manufactura. En el cual para la obtención del producto final se requiere inicialmente del accionamiento de la unidad de manufactura (persona), más la energía eléctrica para ejecutar y poner en marcha todos los equipos y la señal definida como el diseño o modelado de la pieza a ser impresa como se muestra en la Figura 2.2.



Figura 2.2 Diagrama general, nivel 0.
(Fuente: Propia)

Nivel 1: Este nivel parte del nivel 0 y describe las funciones secundarias de la unidad de manufactura como módulos. Se observa en la Figura 2.3 los módulos 1, 2 y 3, denominados modelado, impresión y postprocesamiento respectivamente. Estos módulos representan procesos básicos de la unidad de manufactura y ayudan a establecer alternativas del diseño para satisfacer las necesidades del usuario y que cumplan su funcionalidad.

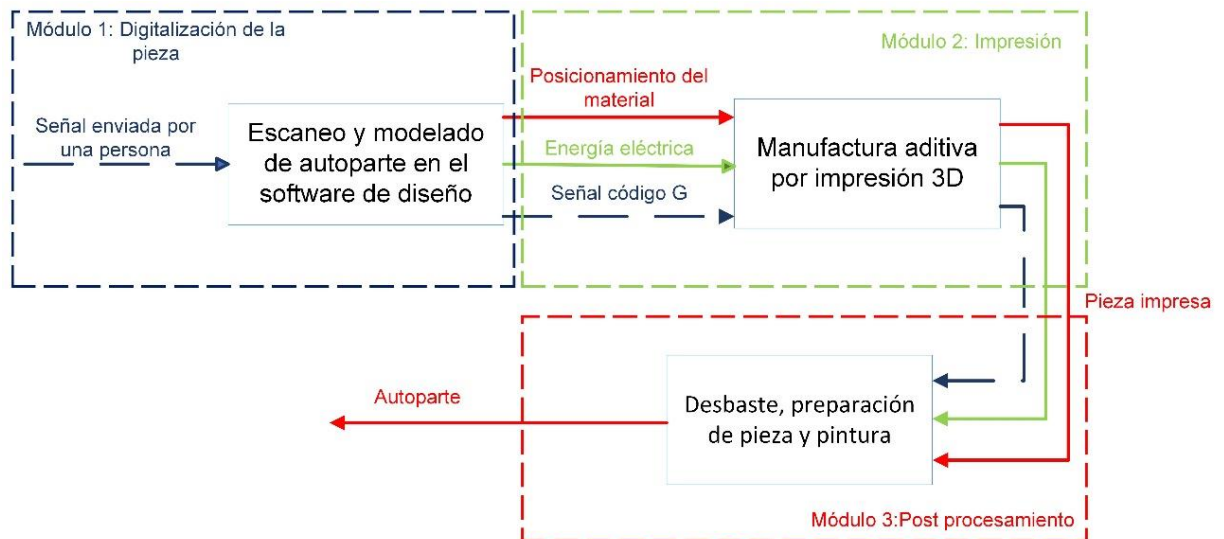


Figura 2.3. Módulos de la unidad de manufactura.
(Fuente: Propia)

2.3. Selección de alternativas para cada módulo

En relación con la funcionalidad, los módulos se dividen en bloques para permitir el análisis de las alternativas para el desarrollo del proyecto.

Los módulos son:

- Digitalización de la pieza
- Impresión
- Postprocesamiento

2.3.1. Módulo 1.- Digitalización de la pieza

Este módulo comprende el área de digitalización de la pieza, que es la creación de una representación de un objeto real que se requiere recrear en la unidad de manufactura, mediante la obtención de todos los datos geométricos para generar el archivo CAD/CAM.

En los siguientes apartados, se presentan las alternativas de soluciones para este módulo.

2.3.1.1. Alternativa 1.- Medidas manuales

La alternativa 1 comprende el uso manual de herramientas de metrología esto se muestra en la Figura 2.4, para la toma de la información de los datos geométricos y así

generar el archivo del digitalizado de la pieza a ser impresa. Esta herramienta es útil cuando no se disponga de la información en el manual de la pieza a ser digitalizada.



Figura 2.4. Herramientas de metrología.
(Fuente: Propia)

Ventajas

- Menor costo de inversión.
- Rápida respuesta de medida.

Desventajas

- Perceptible a error humano
- Requiere de mayor tiempo

2.3.1.2. Alternativa 2. Escáner 3D.

Esta alternativa usa un escáner 3D como herramienta de análisis de una pieza o elemento para obtener una serie de datos, que permita construir un modelo digital a ser utilizado en distintas aplicaciones. En el caso de estudio sería utilizado en la generación del archivo de datos para la impresión 3D de una pieza. En la Figura 2.5, se muestra un escáner que puede ser obtenido en el mercado ecuatoriano y que es producido por la firma China Creality, el principio de funcionamiento del mismo es colocar varios puntos que son detectados por el equipo y que censan las medidas de distancia y profundidad del objeto a ser digitalizado.



Figura 2.5. Escáner 3 de detección de puntos sobre una superficie.
(Fuente: Propia)

Ventajas

- Mayor precisión en la toma de medidas
- Menor tiempo de digitalización en geometrías complejas

Desventajas

- Mayor costo de inversión

2.3.1.3. Evaluación de alternativas para módulo 1

En el presente apartado se toman en cuenta los criterios más influyentes para la selección de alternativas del módulo 1.

- Costo: seleccionar la alternativa que presente un menor costo de inversión.
- Precisión: para seleccionar la alternativa que genere menor cantidad de errores en la toma de datos de medidas de las piezas a ser reproducidas.
- Capacitación: determinar la alternativa que requiera menor capacitación al personal o usuario.
- Adaptabilidad: Para determinar la alternativa que se adapte a diversas geometrías de partes y accesorios automotrices.
- Complejidad de compra: La alternativa que presente menor complejidad de obtención en el mercado ecuatoriano.

- Tiempo: seleccionar la alternativa que permita obtener la información geométrica en menor cantidad de tiempo.

Mediante el método de los residuos ponderados en la Tabla 2.5, se presenta la evaluación de los criterios, para la selección de la alternativa.

Tabla 2.5. Evaluación de criterios para la selección de alternativas del módulo 1.

CRITERIO	Costo	Precisión	Capacitación	Adaptabilidad	Complejidad de compra	Tiempo	$\Sigma+1$	Ponderación
Costo		1,00	0,00	0,50	1,00	1,00	4,50	0,21
Precisión	0,00		0,50	0,50	0,00	1,00	3,00	0,14
Capacitación	1,00	0,50		0,00	0,00	1,00	3,50	0,17
Adaptabilidad	0,50	0,50	1,00		0,50	0,00	3,50	0,17
Complejidad de compra	0,00	1,00	1,00	0,50		0,00	3,50	0,17
Tiempo	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00		3,00	0,14
						SUMA	21,00	1,00

(Fuente: Propia)

Costo > Capacitación = Adaptabilidad = Complejidad de compra > Precisión = Tiempo

A partir de la Tabla 2.5, se concluye que el criterio de mayor ponderación es el costo debido a que este determina la inversión necesaria para el montaje de la unidad de manufactura.

En la Tabla 2.6, se evalúa cada alternativa relacionando esta con el respectivo criterio de costo.

Tabla 2.6. Valoración de criterio: Costo.

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1,00	2,00	0,67
Alternativa 2	0,00		1,00	0,33
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 1 > Alternativa 2

En la Tabla 2.6, se determina que la mejor alternativa con respecto al criterio de costo es la alternativa 1 debido a que representa una menor inversión la adquisición de equipos de medición manuales frente a los equipos de escaneo 3D.

En la Tabla 2.7, se evalúa cada alternativa con respecto al criterio de precisión.

Tabla 2.7. Valoración de criterio: Precisión.

Precisión	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,00	1,00	0,33
Alternativa 2	1,00		2,00	0,67
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 1 < Alternativa 2

En la Tabla 2.7, se determina que la mejor alternativa con respecto al criterio de precisión es la alternativa dos debido a que estos equipos utilizan tecnología de triangulación mediante sensores y emisores laser que permiten una alta precisión y pueden tomar medidas de geometrías que son muy complejas para ser medidas por un calibrador. Por otro lado, la alternativa de medidas manuales está sujeta a geometrías planas y al error humano.

En la Tabla 2.8 se evalúa cada alternativa con respecto al criterio de capacitación.

Tabla 2.8. Valoración de criterio: Capacitación.

Capacitación	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1,00	2,00	0,67
Alternativa 2	0,00		1,00	0,33
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 1 > Alternativa 2

En la Tabla 2.8, se determina que la mejor alternativa con respecto al criterio de capacitación es la alternativa de medidas manuales, debido que para el uso del escáner 3D se requiere una capacitación tanto del software del escáner como el software de postprocesamiento de la pieza.

En la Tabla 2.9, se evalúa cada alternativa con respecto al criterio de adaptabilidad.

Tabla 2.9. Valoración de criterio: Adaptabilidad.

Adaptabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,00	1,00	0,33
Alternativa 2	1,00		2,00	0,67
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 2 > Alternativa 1

En la Tabla 2.9, se determina que la mejor alternativa con respecto al criterio de adaptabilidad es la alternativa del escáner 3D debido a que al ser un juego de sensores ultrasónicos permite tomar las medidas de cualquier forma sin la necesidad de cambiar instrumentos.

En la Tabla 2.10, se evalúa cada alternativa con respecto al criterio de complejidad de compra.

Tabla 2.10. Valoración de criterio: Complejidad

Complejidad de compra	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1,00	2,00	0,67
Alternativa 2	0,00		1,00	0,33
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 1 > Alternativa 2

En la Tabla 2.10, se determina que la mejor alternativa con respecto al criterio de complejidad de compra son los equipos de mediciones manuales debido a que es una tecnología que se encuentra fácilmente de venta en el mercado ecuatoriano.

En la Tabla 2.11, se evalúa cada alternativa con respecto al criterio de tiempo.

Tabla 2.11. Valoración de criterio: Tiempo.

Tiempo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,00	1,00	0,33
Alternativa 2	1,00		2,00	0,67
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 2 > Alternativa 1

En la Tabla 2.11, se determina que la mejor alternativa con respecto al criterio de tiempo es el escáner 3D debido a que los sistemas de diseño asistido por computador aumentan la productividad y disminuyen el tiempo de digitalización.

En la Tabla 2.12, se presenta la prioridad de cada alternativa con respecto a la ponderación de cada criterio.

Tabla 2.12. Prioridad de cada alternativa.

Conclusiones	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Σ	Prioridad
Solución 1	0,14	0,05	0,11	0,06	0,11	0,05	0,52	1
Solución 2	0,07	0,10	0,06	0,11	0,06	0,10	0,48	2

(Fuente: Propia)

A partir de la Tabla 2.12, se determina que la solución 1 (equipos de medidas manuales) cumplen en mayor parte con los criterios de evaluación.

2.3.2. Módulo 2.- Impresión

Este módulo abarca el área de impresión de las autopartes a producirse. A continuación, se desarrollan las alternativas de solución.

2.3.2.1. Alternativa 1.- Impresión mediante extrusión de material

La primera alternativa es el modelado por deposición fundida (FDM). Este es un ejemplo de un sistema de extrusión de material. Por lo tanto, este sistema construye sus impresiones capa por capa desde abajo hacia arriba calentando y extruyendo filamentos termoplásticos (Shahrubudin, Lee, & Ramlan, 2019). En la Figura 2.6 se muestra una impresora Ender 3D max que es de venta comercial y que utiliza el método FDM para producción de piezas.



Figura 2.6. Impresora ender 3D MAX.

Fuente: (Servitec 3D, 2021)

Ventajas

- Mayor velocidad de impresión
- Menor costo
- De fácil manejo

Desventajas

- Menor calidad en acabado superficial
- Tolerancias de menor exactitud

2.3.2.2. Alternativa 2: Impresión por estereolitografía

Este tipo de impresión 3D está basada en la solidificación de una resina líquida por fotopolimerización. Los equipos para impresión por estereolitografía se caracterizan por una cubierta de protección UV como se muestra en la Figura 2.7. Además, este proceso presenta algunas desventajas y ventajas, estas se detallan a continuación en comparación a los procesos FDM.



Figura 2.7. Impresoras 3D de resina Formlabs.
Fuente: (Lucia C, 2022)

Ventajas

- Mejor calidad de acabado superficial
- Piezas con tolerancias muy ajustadas

Desventajas

- Proceso más complejo y largo
- Mayor costo

2.3.2.3. Evaluación de alternativas para el módulo 2

A continuación, se realiza la evaluación de las alternativas y se seleccionan los criterios de mayor influencia:

- Costo: seleccionar la alternativa que genere menor costo de producción.

- Precisión: la alternativa que presente la ventaja de producir piezas con mayor calidad de acabados y precisión en las dimensiones.
- Capacitación: determinar la alternativa que requiera menor capacitación al personal o usuario.
- Capacidad: Para determinar la alternativa que permita producir piezas de mayor volumen.
- Tiempo: La alternativa que permita ahorrar tiempos de fabricación, como procesos donde las maquinas no requieran previa calibración.
- Velocidad: seleccionar la alternativa que permita una mayor velocidad de producción.

En la Tabla 2.13, se presenta la evaluación de los criterios de selección para el módulo 2.

Tabla 2.13. Evaluación de criterios selección de alternativas del módulo 2.

CRITERIO	Costo	Precisión	Capacitación	Capacidad	Tiempo	Velocidad	$\Sigma+1$	Ponderación
Costo		0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	4,50	0,21
Precisión	0,50		1,00	0,00	1,00	1,00	4,50	0,21
Capacitación	0,50	0,00		0,00	0,00	0,00	1,50	0,07
Capacidad	0,00	1,00	1,00		0,50	0,50	4,00	0,19
Tiempo	0,50	0,00	1,00	0,50		0,50	3,50	0,17
Velocidad	0,00	0,00	1,00	0,50	0,50		3,00	0,14
						SUMA	21,00	1,00

(Fuente: Propia)

Costo = Precisión > Capacidad > Tiempo > Velocidad > Capacitación

De la Tabla 2.13, se puede concluir que los criterios de mayor ponderación son el costo y la presión, esto debido a que la mayoría de las autopartes a fabricar pueden tener tolerancias ajustadas y deben ser de un precio que pueda competir en el mercado.

En la Tabla 2.14, se evalúa cada alternativa en relación al criterio de costo.

Tabla 2.14. Valoración de criterio: Costo.

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1,00	2,00	0,67
Alternativa 2	0,00		1,00	0,33
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 1 > Alternativa 2

Los equipos para impresión 3D y el material usado en el método FDM son de menor costo, motivo por el cual en la Tabla 2.14 se considera que la mejor alternativa con respecto al criterio a evaluar es la alternativa 1.

Se evalúa cada alternativa con respecto al criterio de precisión en la Tabla 2.15.

Tabla 2.15. Valoración de criterio: Precisión.

Precisión	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,00	1,00	0,33
Alternativa 2	1,00		2,00	0,67
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 2 > Alternativa 1

En la Tabla 2.15, se selecciona la alternativa 2 debido a que los métodos SLA con resina permiten fabricar piezas más pequeñas y que requieren mayor tolerancia.

En la Tabla 2.16, se evalúa cada alternativa con respecto al criterio de capacitación.

Tabla 2.16. Valoración de criterio: Capacitación.

Capacitación	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1,00	2,00	0,67
Alternativa 2	0,00		1,00	0,33
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 1 > Alternativa 2

En la Tabla 2.16, se selecciona la alternativa 1 porque en los métodos de impresión 3D por FDM la impresión y los acabados de las piezas son relativamente más sencillos, por lo que este método es más extendido en la industria.

Para el criterio de capacidad se evalúa cada alternativa en la Tabla 2.17.

Tabla 2.17. Valoración de criterio: Capacidad.

Capacidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,50	1,50	0,50
Alternativa 2	0,50		1,50	0,50
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 2 = Alternativa 1

En la Tabla 2.17 se determina que la alternativa 1 es igual a la alternativa 2, esto debido a que la capacidad en los métodos FDM y SLA dependen de la máquina para impresión que se seleccione y estas tienen características de capacidad similares.

En la Tabla 2.18 se evalúa cada alternativa en relación al criterio de tiempo

Tabla 2.18. Valoración de criterio: Tiempo.

Tiempo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1,00	2,00	0,67
Alternativa 2	0,00		1,00	0,33
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 1 > Alternativa 2

Se selecciona la alternativa 1 en la Tabla 2.18 debido a que en los métodos FDM el postprocesamiento de las piezas no requiere mucho trabajo, solo es necesario retirar soportes y limpiar los excesos de plástico con herramientas sencillas.

En la Tabla 2.19 se evalúa cada alternativa con relación al criterio de velocidad.

Tabla 2.19. Valoración de criterio: Velocidad.

Velocidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1,00	2,00	0,67
Alternativa 2	0,00		1,00	0,33
SUMA			3,00	1,00

(Fuente: Propia)

Alternativa 1 > Alternativa 2

En la Tabla 2.19 se selecciona la alternativa 1 ya que las características de los equipos de métodos FDM presentan una mayor velocidad de impresión a diferencia de las impresoras por SLA.

En la Tabla 2.20 es presentada la prioridad de cada alternativa en relación con la ponderación de cada uno de los criterios para el módulo 2.

Tabla 2.20. Prioridad de cada alternativa para el módulo 2.

Conclusiones	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Σ	Prioridad
Solución 1	0,14	0,07	0,05	0,10	0,11	0,10	0,56	1
Solución 2	0,07	0,14	0,02	0,10	0,06	0,05	0,44	2

(Fuente: Propia)

Solución 1 > Solución 2

A partir de la Tabla 2.20 se puede observar que la alternativa que cumple en mayor parte con los criterios de evaluación es la solución 1, impresión mediante extrusión de material, para el módulo de impresión.

2.3.3. Módulo 3 - Postprocesamiento

Este módulo al ser un proceso único no requiere la selección de alternativas puesto que se deberá adaptar a cada una de las geometrías de las piezas impresas. Por lo tanto, abarca los materiales e insumos necesarios para garantizar un buen acabado superficial.

2.4. Selección de material

En el presente apartado se detallan las especificaciones técnicas de los materiales disponibles en el mercado ecuatoriano y son los insumos disponibles para el método de impresión seleccionado en el módulo 2.

La materia prima disponible para el proceso FDM es:

- PLA
- ABS
- PETG
- NYLON
- ASA

2.4.1. Especificaciones PLA

En la Tabla 2.21, se puntualizan las propiedades y especificaciones del ácido poliláctico o mejor conocido como PLA que es un termoplástico obtenido de la caña de azúcar o el almidón de maíz (Lee J., 2017).

Tabla 2.21. Especificaciones PLA.

Material	PLA
Temperatura de impresión	200 - 230 [°C]
Tolerancia	+/-0,02 [mm]
Velocidad de impresión	50 - 100 [mm/s]
Temperatura de cama	60 - 80 [°C]
Costo por kilogramo	\$ 18,50

(Fuente: Lee J., 2017)

2.4.2. Especificaciones ABS

En la Tabla 2.22, se puntualizan las propiedades y especificaciones del acrilonitrilo butadieno estireno o mejor conocido como ABS que es un plástico de alta ingeniería debido a que se obtención es más compleja que otros plásticos (Lee J., 2017).

Tabla 2.22. Especificaciones ABS.

Material	ABS
Temperatura de impresión	240 - 270 [°C]
Tolerancia	+/-0,02 [mm]
Velocidad de impresión	50 - 100 [mm/s]
Temperatura de cama	80 - 120 [°C]
Costo por kilogramo	\$ 20,50

(Fuente: Lee J., 2017)

2.4.3. Especificaciones PETG

En la Tabla 2.23, se puntualizan las propiedades y especificaciones del tereftalato de polietileno o mejor conocido como PETG. Este material es un polímero obtenido de la reacción de policondensación entre el etilenglicol y el ácido tereftálico (Lee J., 2017).

Tabla 2.23. Especificaciones PETG.

Material	PETG
Temperatura de impresión	220 - 250 [°C]
Tolerancia	+/-0,02 [mm]
Velocidad de impresión	50 - 100 [mm/s]
Temperatura de cama	75 - 85 [°C]
Costo por kilogramo	\$ 20,50

(Fuente: Lee J., 2017)

2.4.4. Especificaciones Nylon

En la Tabla 2.24, se puntualizan las propiedades y especificaciones del nailon o nylon. Este material sintético es un polímero perteneciente al grupo de las poliamidas (Lee J., 2017).

Tabla 2.24. Especificaciones Nylon.

Material	NYLON
Temperatura de impresión	230 - 270 [°C]
Tolerancia	+0,03 [mm]
Velocidad de impresión	50 - 100 [mm/s]
Temperatura de cama	80 - 110 [°C]
Costo por kilogramo	\$ 26,00

(Fuente: Lee J., 2017)

2.4.5. Especificaciones ASA

E en la Tabla 2.25, se puntualizan las propiedades y especificaciones del acrilonitrilo estireno acrilato que es un termoplástico amorfo con una resistencia a la intemperie mejorada (Lee J., 2017).

Tabla 2.25. Especificaciones ASA.

Material	ASA
Temperatura de impresión	230 - 260 [°C]
Tolerancia	+0,02 [mm]
Velocidad de impresión	50 - 100 [mm/s]
Temperatura de cama	80 - 120 [°C]
Costo por kilogramo	\$ 26,00

(Fuente: Lee J., 2017))

2.4.6. Resistencia de los materiales

En base al estudio "Evaluation of infill effect on mechanical properties of consumer 3D printing materials" en el cual se realizan ensayos de tracción a probetas de materiales diferentes cada uno y también con varios porcentajes de rellenos, se obtuvo la siguiente gráfica de la Figura 2.8, con los valores de resistencia de los materiales en mención.

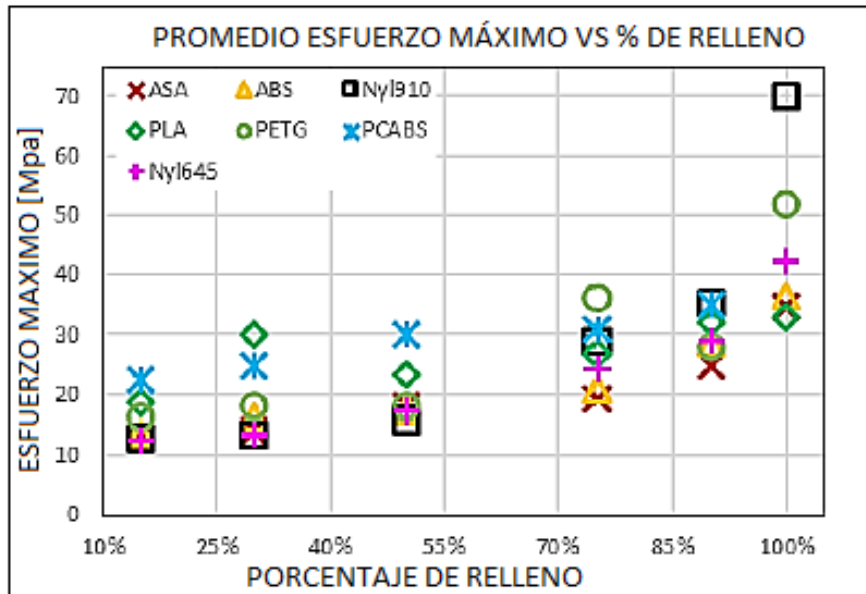


Figura 2.8. Esfuerzo promedio de los materiales en los ensayos (Fuente: Johnson & French, 2018)

A partir de la Figura 2.8, se observa que se consigue resistencias de hasta 70 [Mpa] con un relleno del 100% en Nylon. Para el caso de la impresión de autopartes, considerando un ahorro de material y el tiempo de fabricación, se tiene que un porcentaje de relleno óptimo es del 30 %, por lo tanto, el PLA es el material seleccionado para piezas que requieran una resistencia no superior a 30 [Mpa] y sin comprometer el peso del mismo.

Para piezas donde se requieran tolerancias mínimas, un buen acabado superficial y resistencias mayores es recomendable utilizar el material PETG con un relleno de 70%. Finalmente, debido al punto de fusión del ABS que es de 240° [C], es recomendable usarlo para la manufactura de autopartes que se encuentren sometidas a temperaturas que puedan comprometer su funcionalidad.

Para el caso del proyecto de estudio solo se centrará en la fabricación de piezas con una resistencia promedio de 30 [Mpa] y será necesario un futuro análisis para evaluar la resistencia de estas en condiciones de trabajo dentro del vehículo Haval M4.

2.5. Diseño de la unidad de manufactura

Después de seleccionar las alternativas, mediante la demanda de repuestos (Tabla 2.26, Tabla 2.27) se determina la cantidad de equipos y herramientas requeridos para implementar la unidad de producción.

2.5.1. Descripción de los procesos de la unidad de manufactura

En el siguiente apartado se describe los procesos principales seleccionados para el montaje de la unidad de manufactura.

2.5.1.1. Materia prima

Para el proceso de manufactura, se seleccionada la materia prima según el apartado 2.4.6. En donde un porcentaje óptimo de relleno para la fabricación de piezas es el 30% y se selecciona PLA para piezas que no estén sometidas a calor o condiciones ambientales extremas y ABS para piezas que tengan que resistir dichas condiciones.

En la Tabla 2.26 y Tabla 2.27, se enlistan los materiales de fabricación de los repuestos del sistema eléctrico y compartimiento de motor compartidos por el fabricante del vehículo HAVAL M4.

2.5.1.2. Insumos

Los insumos son aquellos bienes consumibles utilizados en la unidad de manufactura para la producción de autopartes y en el caso del proyecto de estudio son:

- Energía eléctrica
- Pintura
- Lijas
- Masilla
- Catalizadores

2.5.1.3. Descripción del proceso de digitalización

El primer proceso dentro de la unidad de manufactura es la digitalización, esto es la transformación de datos analógicos a un formato digital que pueda ser procesado por un ordenador (Singh, 2020). Por lo tanto, la toma de medidas, y el traslado de los datos geométricos de la pieza, a un software CAD, son las funciones a realizarse para la digitalización. Esto tendrá como producto un archivo STL que será ingresado en el software de impresión 3D. Este proceso se muestra en la Figura 2.9.

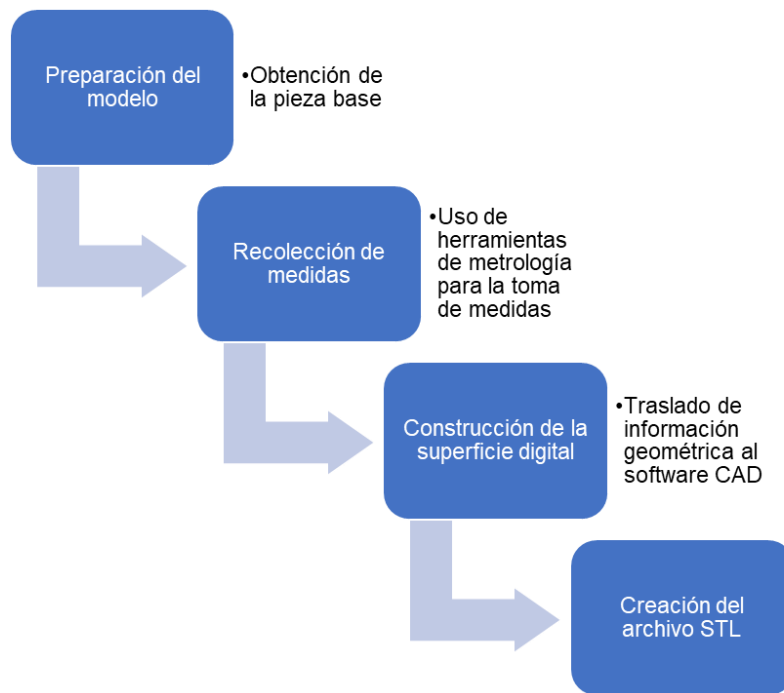


Figura 2.9. Proceso de digitalización.
Fuente: Propia

En la Figura 2.10, y Figura 2.11, se muestra un par de ejemplos del archivo STL generado y leído en el software cura para el ejemplificar.

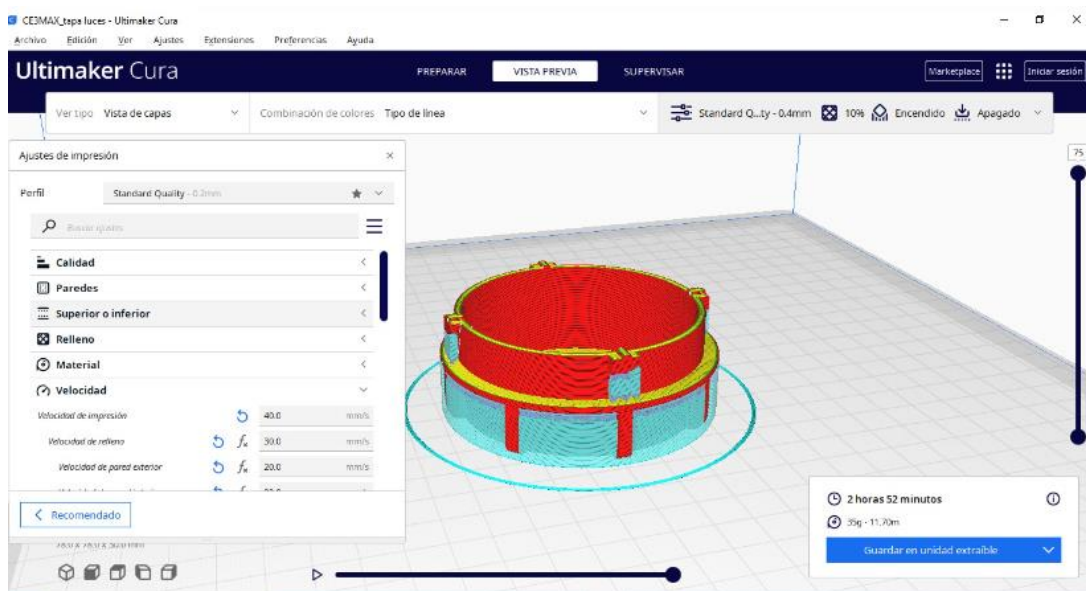


Figura 2.10. Tapa posterior de faro en cura.
(Fuente: Propia)

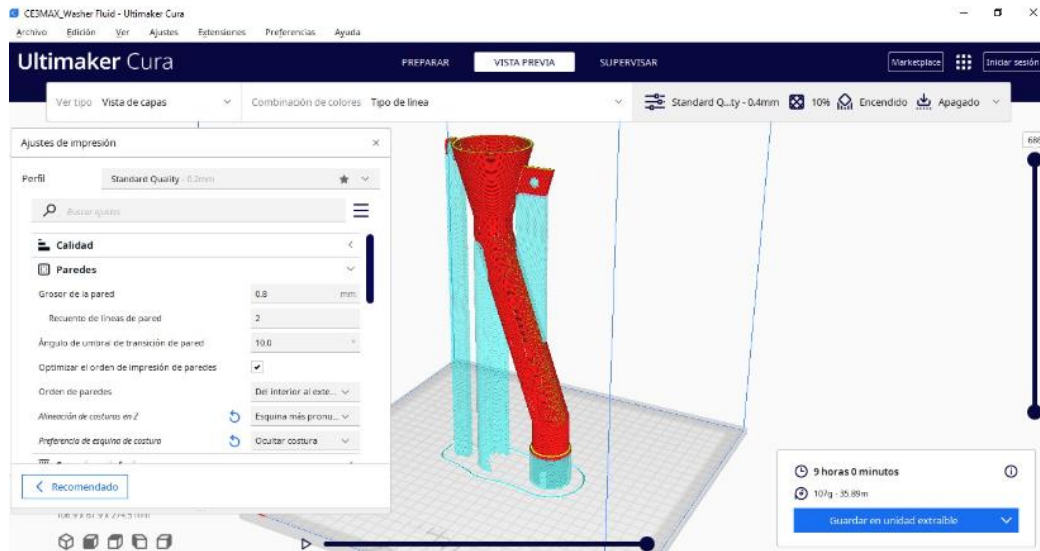


Figura 2.11. Tubería entrada reservorio líquido plumas en cura.
(Fuente: Propia)

En el Anexo II, se presenta la ficha de descripción general del proceso de digitalización.

2.5.1.4. Descripción del proceso de impresión

El segundo proceso de la unidad de manufactura es el proceso de impresión, este inicia con el ingreso del archivo STL al software de impresión 3D. En el software son definidos los ajustes de impresión, y estos se muestran en la Figura 2.12, y se ajustan para cada pieza de manera específica en base a su función.

Luego de detallar los ajustes de impresión se genera un archivo gcode que es el código "G" (lenguaje de programación para el control numérico) o los comandos para realizar los distintos movimientos del cabezal y la placa base de la impresora.

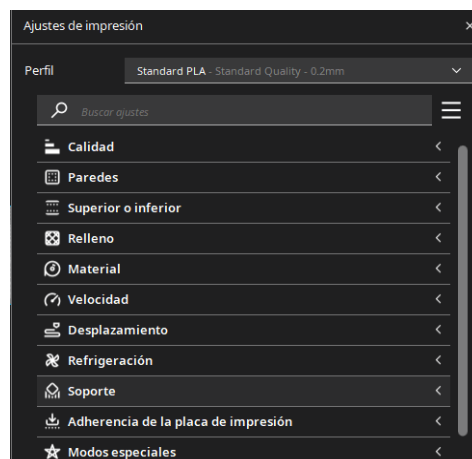


Figura 2.12. Ajuste de impresión en Cura.
Fuente: Propia

Una vez que se dispone del archivo gcode se procede con los ajustes iniciales de la impresora 3D. Este proceso inicia con la puesta en marcha de la máquina para luego proceder a calentar la cama y el extrusor a temperatura de trabajo. Se continúa con la nivelación y el autohome de la impresora, esto se ejemplifica en la Figura 2.14. Después, se carga el material de aporte en el carrete de la impresora y se ingresa el mismo a través del extrusor. Luego, se ingresa el archivo gcode para iniciar la impresión. Finalmente, la impresora lee y ejecuta el archivo gcode para generar la pieza en el material seleccionado. Este proceso se muestra en la Figura 2.13.

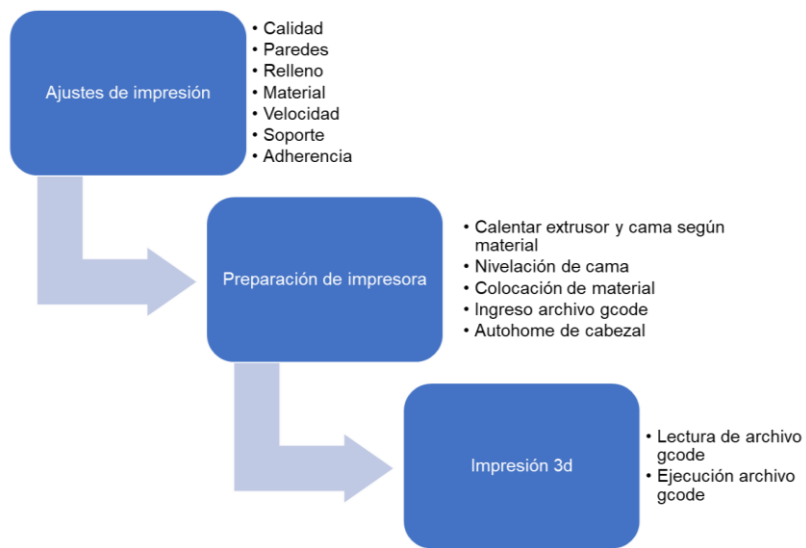


Figura 2.13. Flujograma de proceso de impresión.
Fuente: (Propia)

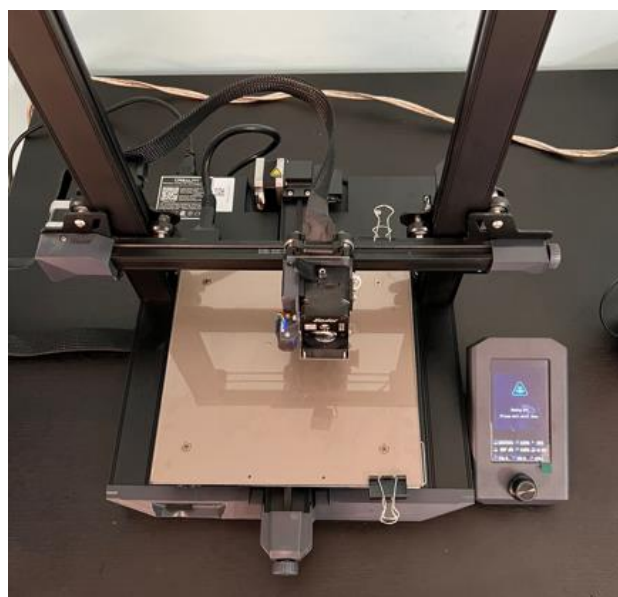


Figura 2.14. Proceso de autohome de impresora Ender 3 S1.
(Fuente; Propia)

En el Anexo III, se presenta la ficha de descripción general del proceso de digitalización
2.5.1.5. Proceso de postprocesamiento

La mayoría de las piezas producidas por impresión 3D requieren procesos de postimpresión para crear dispositivos funcionales. El requisito de un mejor acabado superficial y mejoras en la rugosidad de la superficie ha sido ampliamente reconocido en la fabricación aditiva debido a la necesidad tener un acabado superficial específico de la aplicación y por razones estéticas. Los cuatro procesos principales de postprocesamiento son, (Lin, 2020):

- Eliminación de la estructura de soporte y pasos de curado secundarios
- Mejoras en el pulido y la rugosidad de la superficie
- Recubrimiento de superficies para protección
- En ciertos casos, tratamientos para cambiar las propiedades de los materiales.

En el Anexo IV, se presenta la ficha de descripción general del proceso de digitalización

2.5.2. Planificación de la producción

El modo de producción de la unidad de manufactura es continuo debido a que las operaciones de los procesos son independientes y unitarias del proceso anterior, y esto se observa en la Figura 2.15.

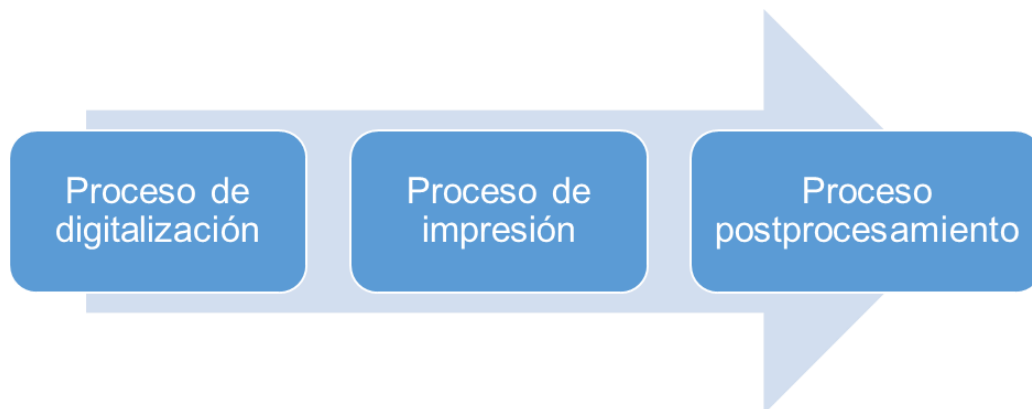


Figura 2.15. Flujo de proceso de unidad de manufactura.
(Fuente: Propia)

Para la elaboración de la planificación de la producción se consideran algunas circunstancias como:

- La demanda.
- El tiempo de producción.

2.5.2.1. Información de la demanda de repuestos de la unidad de manufactura

La información de la demanda es calculada mediante los datos otorgados por la empresa AMBACAR, quien es el principal cliente de autopartes y accesorios en PLA fabricados por impresión 3D de CIOTEC. En la Tabla 2.26 se muestran los datos de ventas para el sistema eléctrico y en la Tabla 2.27 se muestran los datos de ventas de repuestos del compartimiento de motor del vehículo HAVAL M4, los mismos que representan la demanda para el diseño de la unidad de producción.

Tabla 2.26. Demanda de repuestos del sistema eléctrico.

DESCRIPCIÓN	SISTEMA	GRÁFICO	DEMANDA MENSUAL	MATERIAL
TAPA BORNE Y BORNE POSITIVO BATERIA	ELECTRICO		3	ABS - Acrilonitrilo butadieno estireno
BASE ENCENDEDOR	ELECTRICO		2	PP - polipropileno
CUBIERTA PERNO PLUMA DEL	ELECTRICO		2	PP - polipropileno
TAPA FUSIBLERA COMPARTIMIENTO DE MOTOR	ELECTRICO		1	PLA – Ácido poliláctico
MOLDURA TAPA POSTERIOR FARO M5	ELECTRICO		12	PE - polietileno
TAPA FUSIBLERA TABLERO INSTRUMENTOS	ELECTRICO		2	PLA – Ácido poliláctico

(Fuente: Propia)

Tabla 2.27. Demanda de repuestos del compartimento de motor.

DESCRIPCIÓN	SISTEMA	GRÁFICO	DEMANDA MENSUAL	MATERIAL
TOMA DE RADIADOR	COMPARTIMIENTO MOTOR		28	PE - polietileno
TAPA TANQUE RESERVA RADIADOR	COMPARTIMIENTO MOTOR		5	PE - polietileno
TANQUE DE ACEITE DIR. HIDR.	COMPARTIMIENTO MOTOR		5	PE - polietileno
CLIP SUJETADOR DE PLASTICO	COMPARTIMIENTO MOTOR		4	PP - polipropileno
GUIA CADENA DISTRIBUCIÓN	COMPARTIMIENTO MOTOR		3	PP - polipropileno
TAPA DE ACEITE GW4G15	COMPARTIMIENTO MOTOR		2	PE - polietileno
MOLDURA SOPORTE U RADIADOR	COMPARTIMIENTO MOTOR		1	PLA – Ácido poliláctico

(Fuente: Propia)

Tabla 2.27. Continuación, demanda de repuestos del compartimento de motor.

DESCRIPCIÓN	SISTEMA	GRÁFICO	DEMANDA MENSUAL	MATERIAL
CAMARA DE EXTRACCION	COMPARTIMIENTO MOTOR		1	PLA – Ácido poliláctico
COLECTOR DE ACEITE GW4G15T	COMPARTIMIENTO MOTOR		2	PE - polietileno
SOPORTE COMPUTADOR NUEVO M4	COMPARTIMIENTO MOTOR		2	Acero inoxidable
TUBERIA ENTRADA RESERVORIO LÍQUIDO DE PLUMAS	COMPARTIMIENTO DE MOTOR		7	PE - polietileno

(Fuente: Propia)

2.5.2.2. Tiempo de producción de la unidad de manufactura

En este apartado, mediante la demanda de la Tabla 2.26 y Tabla 2.27, se procede a calcular el tiempo de producción estimado por cada área de la unidad de manufactura por pieza.

2.5.2.2.1. Tiempo de digitalización por pieza

Para el tiempo de digitalización de pieza se considera la suma del tiempo de la toma de medidas manuales de cada pieza más el tiempo del modelado de esta en el software CAD.

A continuación, en la Tabla 2.28 se presenta los tiempos obtenidos experimentalmente de digitalización de cada una de las piezas seleccionadas.

Tabla 2.28. Tiempo de digitalización.

Autoparte	DESCRIPCIÓN	Tiempo Digitalización [h]
1	Soporte computador nuevo m4	2,20
2	Tapa borne y borne positivo batería	4,00
3	Base encendedor	0,80
4	Cubierta perno pluma	0,50
5	Tapa fusiblera compartimiento de motor	3,00
6	Moldura tapa posterior faro m4	0,70
7	Tubería entrada reservorio líquido de plumas	2,50
8	Toma de radiador	4,20
9	Tapa tanque reserva radiador	0,70
10	Tanque de aceite dir. Hidr.	5,30
11	Clip sujetador de plástico	0,40
12	Guía cadena distribución	4,10
13	Tapa de aceite gw4g15	1,20
14	Moldura soporte u radiador	2,40
15	Cámara de extracción	5,20
16	Colector de aceite gw4g15t	3,60
17	Tapa fusiblera tablero instrumentos	4,10
Tiempo total de digitalización		44,90

(Fuente: Propia)

La suma total del tiempo de digitalización para el caso de estudio del proyecto para el vehículo HAVAL M4 es de 44.90 horas. Este tiempo es considerado solo en el arranque del proyecto y por única vez en el proceso de manufactura.

2.5.2.2.2. Tiempo de impresión por pieza

El tiempo de impresión por pieza considera todos los tiempos del proceso del Anexo III. El tiempo de mayor consideración en la impresión por pieza es el tiempo obtenido por el software Cura que considera los parámetros de impresión como:

- Altura de capa
- Ancho de línea
- Densidad de relleno
- Patrón de relleno
- Flujo
- Velocidad de impresión
- Estructura del soporte
- Colocación de soporte
- Patrón de soporte

- Densidad de soporte
- Tipo de adherencia a la placa de impresión

El tiempo de impresión parcial de cada pieza es obtenido de manera experimental al realizar las pruebas de impresión. En la Figura 2.16 se muestra la impresión de la moldura de la tapa de faro.

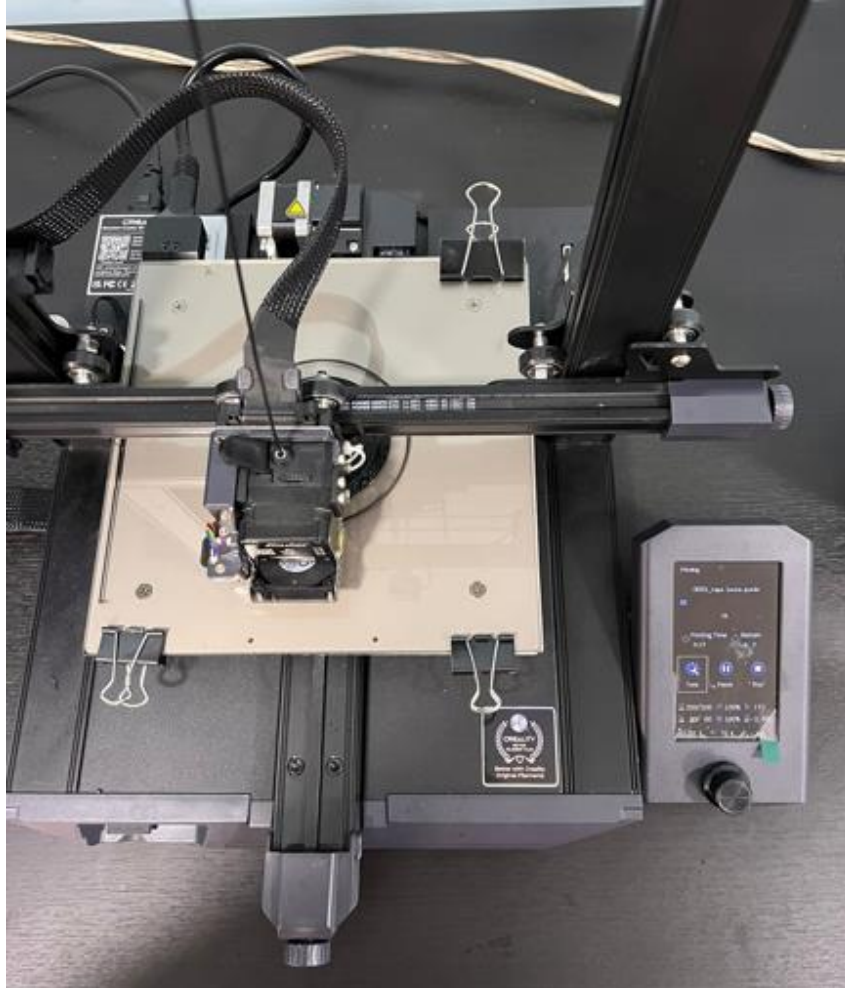


Figura 2.16. Impresión tapa posterior faro.
(Fuente: Propia)

El tiempo de impresión total es suma de las multiplicaciones de los tiempos de impresión parciales de cada pieza por la cantidad de la demanda de cada pieza.

$$t_{imp} = U_p * t_{par}$$

Ecuación 2.1

Donde:

t_{par} : tiempos de impresión parcial [horas]

U_p : Unidades de la demanda [unidad]

t_{imp} : tiempo de impresión por pieza [horas]

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo para la pieza No. 1.

$$t_{imp1} = 4.6[h] * 2[unidad]$$

$$t_{imp1} = 9.2 [h]$$

En la Tabla 2.29 se muestran los tiempos de impresión de cada una de las piezas seleccionadas obtenidos al ingresar la geometría modelada en el software Cura y el tiempo total del proceso de impresión.

Tabla 2.29. Tiempo de impresión

Autoparte	Tiempo Parcial impresión [h]	Demanda mensual [unidades]	Tiempo impresión [h]
1	4,60	2	9,20
2	4,75	3	14,25
3	1,20	2	2,40
4	1,10	2	2,20
5	10,75	1	10,75
6	2,00	12	24,00
7	9,20	7	64,40
8	2,10	28	58,80
9	0,90	5	4,50
10	10,00	5	50,00
11	1,00	4	4,00
12	7,70	3	23,10
13	2,00	2	4,00
14	4,30	1	4,30
15	3,35	1	3,35
16	3,10	2	6,20
17	3,10	2	6,20
Tiempo total de impresión			291,65

(Fuente: Propia)

Por lo tanto, de la Tabla 2.29 se obtiene el tiempo total del proceso de impresión que es de **291.65 horas**.

2.5.2.2.3. Tiempo de postprocesamiento por pieza

El tiempo de postprocesamiento es específico para cada pieza dependiendo de los soportes y acabados finales obtenidos en la impresión de cada una.

El tiempo de postprocesamiento total es suma de las multiplicaciones de los tiempos de postprocesos parciales de cada pieza por la cantidad de la demanda de cada pieza.

$$t_{post} = U_p * t_{postp}$$

Ecuación 2.2

Donde:

t_{post}: tiempos de postproceso subtotal [horas]

U_p: Unidades de la demanda [unidad]

t_{postp}: tiempo de postproceso parcial por pieza [horas]

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo para la pieza No. 1.

$$t_{post1} = 0.2[h] * 2[unidad]$$

$$t_{par1} = 0.4 [h]$$

En la Tabla 2.30 se muestran los tiempos de postprocesamiento de cada pieza.

Tabla 2.30. Tiempos de postprocesamiento.

Autoparte	Tiempo postproceso parcial [h]	Demanda mensual [unidades]	Tiempo postproceso subtotal [h]
1	0,20	2	0,40
2	0,50	3	1,50
3	0,20	2	0,40
4	0,10	2	0,20
5	0,50	1	0,50
6	0,30	12	3,60
7	0,50	7	3,50
8	0,70	28	19,60
9	0,20	5	1,00
10	0,70	5	3,50
11	0,10	4	0,40
12	0,20	3	0,60
13	0,20	2	0,40
14	0,30	1	0,30
15	0,70	1	0,70
16	0,30	2	0,60
17	0,50	2	1,00
Tiempo total de postprocesamiento			38,20

(Fuente: Propia)

El tiempo de postprocesamiento total en la unidad de manufactura es de **38.2 horas**.

2.5.3. Diagrama de Gant

Se realizó el diagrama de gant para 22 días de trabajo debido a que es el tiempo propuesto por la empresa CIOTEC para producir las piezas seleccionadas.

En la Figura 2.17 se muestra el diagrama de gant para la unidad de manufactura en base a la descripción de los procesos de digitalización, impresión y postproceso.

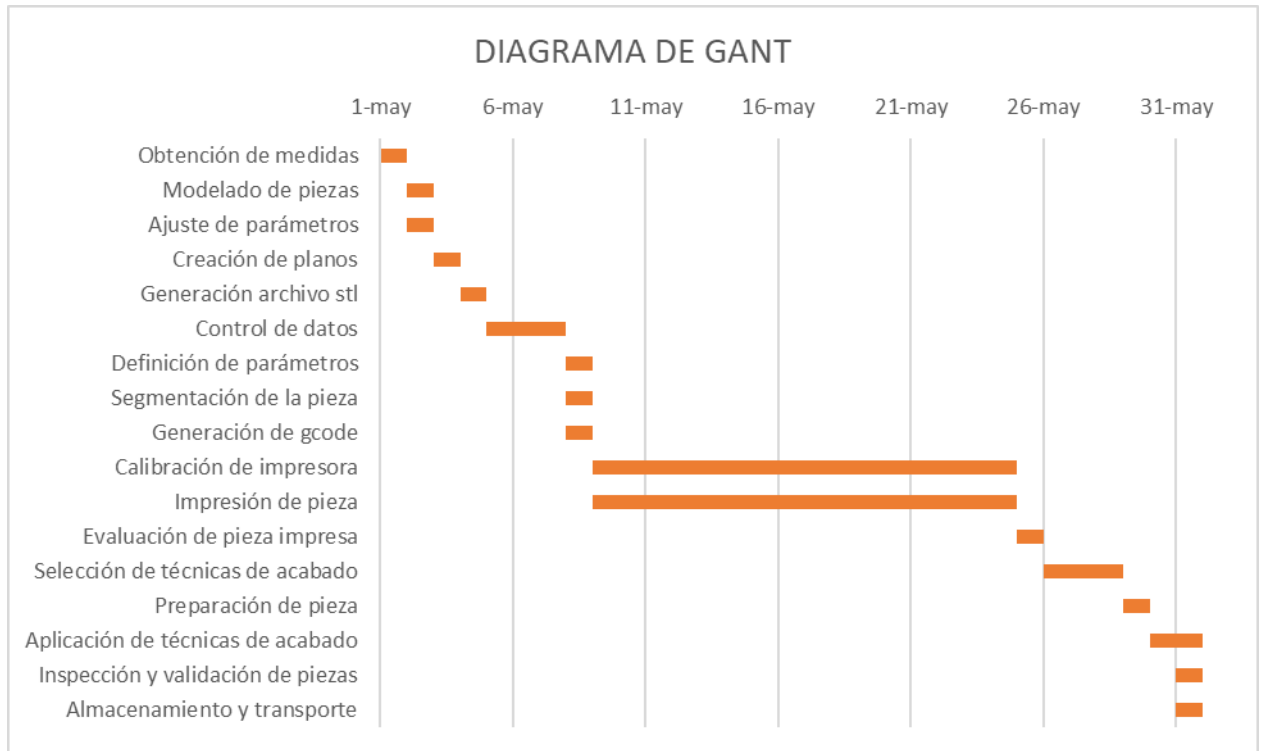


Figura 2.17. Diagrama de Gant de la unidad de manufactura en base al proceso.
(Fuente: Propia)

2.5.4. Área de la unidad de manufactura

Mediante la demanda de la Tabla 2.26 y Tabla 2.27, se procede a calcular la cantidad de equipos requerida de cada área de la unidad de manufactura.

2.5.4.1. Área de la sección de digitalización de pieza

El área de la sección de digitalización es la cantidad de personas requeridas para realizar el trabajo de digitalización. Para el esto, CIOTEC requiere que una persona pueda ejecutar el modelado de piezas durante una jornada laboral de 8 horas diarias durante un mes. Por lo tanto, la cantidad de personas que se requieren para la digitalización de la pieza son la división entre el tiempo total de digitalización y las horas laborables al mes.

$$N_{per} = \frac{T_{dig}}{J_{lab}}$$

Ecuación 2.3

Donde:

N_{per} : Número de personas

T_{dig} : Tiempo de digitalización [horas]

J_{lab} : Tiempo de jornada laboral [horas]

A continuación, se muestra el ejemplo de cálculo para el caso de estudio:

$$N_{per} = \frac{44.9 [horas]}{160 [horas]}$$

$$N_{per} = 0.28$$

Por lo tanto, se aproxima el resultado a su inmediato superior y para el montaje de la unidad de manufactura se requieren de 1 persona para el área de digitalización.

2.5.4.2. Área de la sección de impresión

El área de la sección de impresión son la cantidad de impresoras requeridas para cumplir con la demanda de la unidad de manufactura entregada por CIOTEC. Por lo tanto, mediante el apartado 2.5.2 donde, se obtuvo el tiempo de impresión de la unidad de manufactura, y la relación con la demanda se procede a calcular el número de impresoras requeridas. En donde, la relación se establece mediante la siguiente expresión:

$$Q_{imp} = \frac{t_{imp}}{h_{tm} * J_{mes}}$$

Ecuación 2.4

Donde:

Q_{imp} : Cantidad de impresoras de la unidad de manufactura [unidad]

t_{imp} : Tiempo de impresión total [horas]

h_{tm} : Horas de impresión por día [horas]

J_{mes} : Días de trabajo de la impresora al mes [unidad]

Para el montaje de la unidad de manufactura se considera que las impresoras pueden trabajar 20 horas al día durante 22 días al mes. Por lo tanto, se tiene el siguiente ejemplo de cálculo:

$$Q_{imp} = \frac{291.65 [horas]}{12 [horas] * 22}$$
$$Q_{imp} = 1.1$$

La cantidad de impresoras al ser mayor a uno se redondea a su inmediato superior y la cantidad requeridas es 2 impresoras.

2.5.4.3. Área de la sección de postprocesamiento

Para el área de la sección de postprocesamiento se considera el espacio de trabajo definido por la empresa CIOTEC para realizar todas las actividades del Anexo IV.

2.5.5. Equipos

En la sección 2.3 se determinó las distintas alternativas para la ejecución de cada módulo de la unidad de producción. A continuación, se presenta las especificaciones de los equipos seleccionados para cada una de las alternativas y la cantidad de cada uno según el apartado 2.5.4.

2.5.5.1. Equipos del área de digitalización

Los equipos para realizar el proceso de digitalización de las distintas piezas son y se considera una unidad para cada una de las personas que realicen el modelado:

- Calibrador Vernier
- Micrómetro
- Reglas y escuadras
- Computador
- Software CAD

2.5.5.1.1. Equipos del área de impresión

Los equipos disponibles en el mercado y con especificaciones necesarias para el montaje de la unidad de producción son:

- Impresora Ender 3D max
- Impresora Ender 3 – S1

En la Tabla 2.31 se muestran las especificaciones de las impresoras Ender 3 S1 y Ender 3D max.

Tabla 2.31. Especificaciones impresora Ender 3 - S1 y Ender 3D Max.

Impresora	ENDER 3 S1	ENDER 3D - MAX	
Especificaciones	Parámetro	Parámetro	Unidades
Tecnología de impresión	FDM	FDM	N/A
Tamaño impresora	487 x 453 x 622	513 x 563 x 590	[mm]
Tamaño construcción	220 x 220 x 270	300 x 300 x 340	[mm]
Filamentos	PLA/TPU/PETG/ABS	PLA/TPU/PETG/ABS	N/A
Espesor capa impresión	0,1-0,35	0,1-0,4	[mm]
Velocidad máxima impresión	150	100	[mm/s]
Diámetro extrusor	0,4	0,4	[mm]
Precisión	+0,1	+0,1	[mm]
Temperatura máxima extrusor	250	260	[°C]
Número de extrusores	1	1	N/A
Temperatura máxima cama	100	100	[°C]
Diámetro filamento	1,75	1,75	[mm]
Software impresión 3D	Creality Slicer / Cura / Simplify 3D	Creality Slicer / Cura / Simplify 3D	N/A
Idioma	Chino / Inglés / Español	Chino / Inglés	N/A
Peso	12	9,1	[kg]
Radio piñón extrusor	1:3,5	1:3,5	N/A
Tipo Extrusor	Directo	Directo	N/A
Plataforma de impresión	Hoja de vidrio	Hoja de acero	N/A
Nivelación de la cama	Manual	Touch CR	N/A
Sensor de filamento	Si	Si	N/A
Método impresión	Tipo C USB / SD card	Tipo C USB / SD card	N/A
Potencia	350	350	[W]
Voltaje	115/230	115/230	[V]
Archivos soportados	STL / OBJ / AMF	STL / OBJ / AMF	N/A

(Fuente: Creality., 2023)

Se considera la impresora ender 3D-max para piezas que requieran un mayor volumen y la impresora ender 3-S1 para piezas que requieran una mayor precisión y calidad en el acabado.

2.5.5.1.2. Equipos del área postprocesamiento

Para el área de postprocesamiento se detallan las distintas herramientas para cumplir su función. En esta etapa, la unidad de manufactura debe contar con un amplio kit de herramientas para obtener tener un producto funcional y estético. En la Tabla 2.32, se

presenta un listado de las herramientas de corte y desbaste, además de las pinturas e insumos para recubrimiento.

Tabla 2.32. Herramientas del área de postprocesamiento.

<p>Alicates de corte y agarre</p> 	<p>Espátula</p> 	<p>Martillo de nylon</p> 	<p>Taladro de mano</p> 
<p>Juego de limas</p> 	<p>Cortador rebabador</p> 	<p>Modifi 3D</p> 	<p>Pulidora de filamento</p> 

Fuente: (IMPRESORAS3D.COM, 2022)

2.5.6. Planeación de la distribución general

La planeación de la distribución de la unidad de manufactura abarca la ubicación de todas las áreas que se requieren para completar el proceso de manufactura aditiva de autopartes en un espacio establecido. La empresa CIOTEC destina un espacio de las siguientes dimensiones mostradas en la Tabla 2.33, para el montaje de la unidad de manufactura:

Tabla 2.33. Dimensiones unidad de manufactura.

Altura	Longitud	Ancho
2.30 [m]	7.10 [m]	5.93 [m]

(Fuente: Propia)

El espacio destinado por CIOTEC para el montaje de la unidad de manufactura se encuentra en el nivel 2. En el Anexo V, se muestra el Layout de la empresa CIOTEC.

En base a los datos obtenidos del tamaño de la unidad de manufactura, en el Anexo VI, se muestra el Layout de la planificación de la distribución de la unidad de manufactura.

2.6. Estudio de factibilidad técnica económica

Con el diseño obtenido de la unidad de manufactura se logró determinar los equipos, los insumos, las materias primas y otros activos necesarios para la fabricación de autopartes mediante impresión 3D. A partir de lo mencionado, en esta sección se presenta la estimación de la inversión, los costos y gastos implicados en la manufactura aditiva de autopartes, lo que permite realizar el análisis de recuperación de la inversión.

2.6.1. Inversión para el montaje de la unidad de manufactura

La inversión del proyecto se va a analizar en base a los costos obtenidos en el mercado nacional. En la Tabla 2.34 se muestran los costos de las impresoras 3D y otros equipos a adquirir, siendo estos los más importantes y significativos en la unidad de manufactura.

Tabla 2.34. Costos equipos de impresión 3D.

Equipos	Costo unitario [USD]	Unidades	Costo total [USD]
Impresora Ender 3D Max	\$ 400,00	1	\$ 400,00
Impresora Ender 3D S1	\$ 399,00	1	\$ 399,00
Lápiz impresión 3D	\$ 37,00	1	\$ 37,00
Secador de filamento 3D	\$ 36,50	1	\$ 36,50
Cama magnética	\$ 16,25	1	\$ 16,25
Juego de boquillas	\$ 11,20	1	\$ 11,20
Total			\$ 899,95

(Fuente: Xtrega)

En la Tabla 2.34 se observa que los equipos de impresión 3D no representan un costo elevado, porque este valor debe de estar dentro del presupuesto asignado por CIOTEC para el proyecto de la inversión del montaje de la unidad de manufactura.

En la Tabla 2.35, se muestran los costos de equipos y muebles de oficina que forman parte del área de digitalización, del almacenaje de la materia prima y de las piezas.

Para la inversión inicial de la compra de materia prima, se considera la demanda proyectada de las piezas seleccionadas para el primer mes. En la Tabla 2.36, se muestran los costos del filamento de PLA y ABS.

Tabla 2.35. Costos de equipos y muebles de oficina

Equipos y muebles	Costo unitario [USD]	Unidades	Costo total [USD]
Mesas	\$120,00	2	\$240,00
Estantes	\$160,00	3	\$480,00
Escritorio de oficina	\$120,00	2	\$240,00
Computadoras	\$480,00	2	\$960,00
Regulador de voltaje	\$35,00	2	\$70,00
Cámara de seguridad	\$45,00	1	\$45,00
Sillas de oficina	\$60,00	2	\$120,00
Pizarra 1,50x0,60	\$32,00	1	\$32,00
Archiveros	\$45,00	1	\$45,00
Total			\$2232,00

(Fuente: Propia)

Tabla 2.36. Costos de la materia prima

Materia prima	Costo unitario [USD]	Unidades	Costo total [USD]
Rollo de filamento PLA	\$18,80	10	\$188,00
Rollo de filamento ABS	\$21,99	10	\$219,90
Total			\$407,90

(Fuente: Propia)

Tabla 2.37. Costos de herramientas

Herramientas	Costo unitario [USD]	Unidades	Costo total [USD]
Juego de llaves	\$12,00	1	\$12,00
Juego de dados	\$15,00	1	\$15,00
Juego de cuchillas	\$8,00	1	\$8,00
Alicates de corte	\$5,00	2	\$10,00
Espátulas	\$3,00	2	\$6,00
Martillos de nylon	\$4,00	1	\$4,00
Juego de limas	\$10,00	1	\$10,00
Rebabador	\$12,00	1	\$12,00
Modifi 3D	\$16,00	1	\$16,00
Taladro de mano	\$18,00	1	\$18,00
Pulidora de filamento	\$17,00	1	\$17,00
Total			\$128,00

(Fuente: Propia)

En la Tabla 2.37, se presentan los costos de las herramientas para postproceso y para el mantenimiento de los equipos.

Los costos de los insumos necesarios para la unidad de manufactura se muestran en la Tabla 2.38.

Tabla 2.38. Costos de insumos

Insumos	Costo unitario [USD]	Unidades	Costo total [USD]
Fijador	\$4,00	3	\$12,00
Lijas	\$1,25	10	\$12,50
Pintura	\$4,00	4	\$16,00
Acetona	\$2,00	2	\$4,00
Pegamento	\$1,50	3	\$4,50
Total			\$49,00

(Fuente: Propia)

Además, es importante considerar el monto de la remodelación del lugar asignado para el montaje de unidad de manufactura que se muestra en la Tabla 2.39. Esto debido a que es necesario que no exista un flujo de aire que perjudique el proceso de impresión de las piezas.

Tabla 2.39. Costos de remodelación

Actividad	Descripción	Costo total [USD]
Remodelación	Adecuamiento del lugar de las impresoras y mejoramiento estético de la oficina	\$ 350,00

(Fuente: Propia)

Finalmente, se realiza un resumen de los costos de la inversión de la unidad de manufactura que se muestran en la Tabla 2.40. Dando como resultado una inversión inicial de **4066,85 [USD]**. Este valor esta dentro de los presupuestado por CIOTEC para el montaje de la unidad de manufactura.

Tabla 2.40. Inversión fija

Rubro	Costo [USD]
Equipos para impresión 3D	\$899,95
Equipos y muebles de oficina	\$2232,00
Materia prima	\$407,90
Herramientas	\$128,00
Insumos	\$49,00
Remodelación	\$350,00
Total	\$4066,85

(Fuente: Propia)

2.6.2. Costos y gastos

Para el análisis de los costos y gastos es necesario considerar la energía necesaria para poner en funcionamiento los equipos de la unidad de manufactura. En la Tabla 2.41, se muestran los consumos de energía y el monto por máquina, considerando el costo de energía eléctrica que es de 0,043 USD kW-h. (ARCONEL, 2023).

Tabla 2.41. Costos de energía eléctrica mensual

Equipo	kW	kW/día	USD/día	USD/mes
Impresora Ender 3D max	0,35	8,40	\$ 0,36	\$ 10,84
Impresora Ender 3D S1	0,35	8,40	\$ 0,36	\$ 10,84
Computadores	0,10	2,40	\$ 0,10	\$ 3,10
Total				\$ 24,77

(Fuente: Propia)

A continuación, se considera a 1 persona para todos los procesos de la fabricación de autopartes, con un salario básico estipulado por el Ministerio del Trabajo de 450,00 USD (Ministerio del Trabajo, 2023).

En la Tabla 2.48, se muestran los gastos administrativos que consideran los servicios básicos de luz, agua e internet. Además, se toman en cuenta los gastos de utilería y papelería, mantenimiento de equipos e imprevistos.

Tabla 2.42. Gastos administrativos

Gasto	Valor [USD]/mes
Agua	\$6,00
Electricidad	\$9,00
Internet	\$12,00
Mantenimiento de equipos	\$35,00
Utilería y papelería	\$10,00
Imprevistos	\$30,00
Total	\$102,00

(Fuente: Propia)

2.6.3. Ingresos

Para los ingresos se considera al concesionario Ambacar como principal objetivo de venta, al ser este el comercializador del vehículo HAVAL M4 y el principal importador de autopartes. Tomando en cuenta la demanda descrita en el apartado anterior, en la Tabla 2.43, se muestran los ingresos mensuales proyectados, considerando un valor de la

hora de producción de tres dólares y veinticinco centavos para los repuestos del sistema eléctrico.

Tabla 2.43. Ingresos mensuales proyectados para el sistema eléctrico.

AUTOPARTE	DESCRIPCIÓN	Tiempo total producción [h]	Valor total [USD]
2	Tapa borne positivo batería	19,75	\$ 64,19
3	Base encendedor	3,6	\$ 11,70
4	Cubierta perno pluma	2,9	\$ 9,43
5	Tapa fusiblera compartimiento de motor	14,25	\$ 46,31
6	Moldura tapa posterior faro m4	28,3	\$ 91,98
17	Tapa fusiblera tablero instrumentos	11,3	\$ 36,73
Total ingresos sistema eléctrico			\$ 260,33

(Fuente: Propia)

En la Tabla 2.44 se muestran los ingresos mensuales proyectados, considerando un valor de la hora de producción de tres dólares y veinticinco centavos para los repuestos del compartimiento de motor.

Tabla 2.44. Ingresos mensuales proyectados para el compartimiento de motor

AUTOPARTE	DESCRIPCIÓN	Tiempo total producción [h]	Valor total [USD]
1	Soporte computador nuevo m4	11,80	\$ 38,35
7	Tubería entrada reservorio líquido de plumas	70,40	\$ 228,80
8	Toma de radiador	82,60	\$ 268,45
9	Tapa tanque reserva radiador	6,20	\$ 20,15
10	Tanque de aceite de dirección	58,80	\$ 191,10
11	Clip sujetador de plástico	4,80	\$ 15,60
12	Guía cadena distribución	27,80	\$ 90,35
13	Tapa de aceite gw4g15	5,60	\$ 18,20
14	Moldura soporte u radiador	7,00	\$ 22,75
15	Cámara de extracción	9,25	\$ 30,06
16	Colector de aceite gw4g15t	10,40	\$ 33,80
Total ingresos compartimiento de motor			\$ 957,61

(Fuente: Propia)

Al sumar los subtotales de la Tabla 2.43 y Tabla 2.44, se obtiene que los ingresos por repuestos son **\$ 1.217,94**.

2.6.4. Estimaciones para la recuperación de la inversión

Para el análisis de la recuperación de la inversión se toma en cuenta los ingresos calculados en la sección anterior, a partir de la demanda. En el Anexo VII, se realiza el pronóstico de la recuperación del capital por año para un periodo de tres años y se obtiene que la recuperación de la inversión es en el mes 25.

2.6.5. Indicadores financieros VAN y TIR

Después de establecer los costos de inversión, gastos y la proyección de ventas en base a la demanda, en esta sección se va a realizar un análisis de la viabilidad económica del proyecto mediante el cálculo de indicadores financieros como son el valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR).

2.6.6. Cálculo del VAN

El VAN se lo obtiene a partir del flujo de caja presentado en la sección 2.6.4. y de la tasa de descuento de 11,83% estipulada para PYMES (BAN Ecuador, 2022). Para obtener el valor actual del flujo de caja se utiliza la Ecuación 2.5 de la capitalización compuesta.

$$VA = \frac{Fc}{(1 + i)^n}$$

Ecuación 2.5

Donde:

VA: Valor actual del flujo de caja [USD]

Fc: Flujo de caja [USD]

i: tasa de descuento [%]

n: número de año del flujo de caja

A partir del Anexo VII, se obtiene los flujos de caja de cada año y se calcula el valor actual del flujo caja con la Ecuación 2.5 y a continuación se muestra in ejemplo para el primer año y en la se muestran los resultados para los cinco años de duración del proyecto de estudio.

$$VA = \frac{2026,97[USD]}{(1 + 0.1183)^1}$$

$$VA = 1812,55 [USD]$$

Tabla 2.45. Cálculo del valor actual del flujo de caja.

Rubro	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	\$ 13.397,34	\$14.615,28	\$ 14.615,28	\$14.615,28	\$14.615,28
Egresos	\$ 11.370,37	\$12.404,04	\$ 12.404,04	\$12.404,04	\$12.404,04
Flujo de caja (Fc)	\$ 2.026,97	\$ 2.211,24	\$ 2.211,24	\$ 2.211,24	\$ 2.211,24
Valor actual del flujo de caja (VA)	\$ 1.812,55	\$ 1.768,15	\$ 1.581,11	\$ 1.413,85	\$ 1.264,28

(Fuente: Propia)

Y el valor actual neto (VAN) se calcula mediante la Ecuación 2.6 que se muestra a continuación:

$$VAN = -Inversión + \sum VA$$

Ecuación 2.6

Donde:

VAN: Valor actual neto [USD]

Inversión: Inversión inicial del proyecto [USD]

VA: Valor actual del flujo de caja [USD]

Reemplazando los valores en la Ecuación 2.6 se obtiene:

$$VAN = -Inversión + \sum VA$$

$$VAN = -4066,85 + 1812,55 + 1768,15 + 1581,11 + 1413,85 + 1264,28$$

$$VAN = 3773,08[USD]$$

2.6.7. Cálculo del TIR

El TIR al ser un indicador de rentabilidad representa el porcentaje de beneficio que puede alcanzar el proyecto. Es igual a la tasa de descuento para el cual el VAN es igual a 0, como se muestra en la Ecuación 2.7.

$$VAN = 0 = -Inversión + \sum VA$$

Ecuación 2.7

Reemplazando la ecuación de VA se obtiene:

$$0 = -Inversión + \frac{Fc1}{(1+i)^1} + \frac{Fc2}{(1+i)^2} + \frac{Fc3}{(1+i)^3} + \frac{Fc4}{(1+i)^4} + \frac{Fc5}{(1+i)^5}$$

Reemplazando valores y despejando i que representa la TIR se obtiene:

$$TIR = 32\%$$

2.7. Montaje y pruebas

A partir de la distribución de la unidad de manufactura y de los costos presentados en los subcapítulos anteriores, se procede a realizar el montaje de cada una de las áreas que conforman la unidad de manufactura.

2.7.1. Área de digitalización de la unidad de manufactura

En la Figura 2.18, se muestra el área de digitalización de la unidad de manufactura con todos los componentes determinados en el apartado 2.5.5.



Figura 2.18. Área digitalización.
(Fuente: Propia)

2.7.2. Área de impresión de la unidad de manufactura

En la Figura 2.19 se muestran los equipos del área de impresión y en la Figura 2.20 se muestra el proceso de impresión de la unidad de manufactura con todos los componentes determinados en el apartado 2.5.5.



Figura 2.19. Equipos área de impresión.
(Fuente: Propia)



Figura 2.20. Proceso de impresión.
(Fuente: Propia)

2.7.3. Área de postprocesado de la unidad de manufactura

En la Figura 2.21 se muestra el área de postproceso de piezas impresas de la unidad de manufactura con todos los componentes determinados en el apartado 2.5.5.



Figura 2.21. Área de postprocesado.
(Fuente: Propia)

2.7.4. Pruebas de la unidad de manufactura.

Las pruebas de cada área de la unidad de manufactura fueron realizadas en CIOTEC en el lugar determinado para el montaje de la unidad de manufactura.

Se realizó la digitalización, impresión y postprocesado de cada una de las piezas seleccionadas en base a la demanda.

3. RESULTADOS

Una vez realizado el montaje de la unidad de manufactura aditiva y de las pruebas correspondientes de los procesos para la impresión de autopartes seleccionadas, se obtuvieron los siguientes resultados.

3.1. Dimensiones de la unidad de manufactura

Para el montaje de la unidad de manufactura se utilizó el espacio destinado por la empresa CIOTEC. En el Anexo V, se observan las dimensiones y su distribución.

Además, en la Figura 3.1, se muestra una fotografía del espacio físico con los equipos, muebles y herramientas.

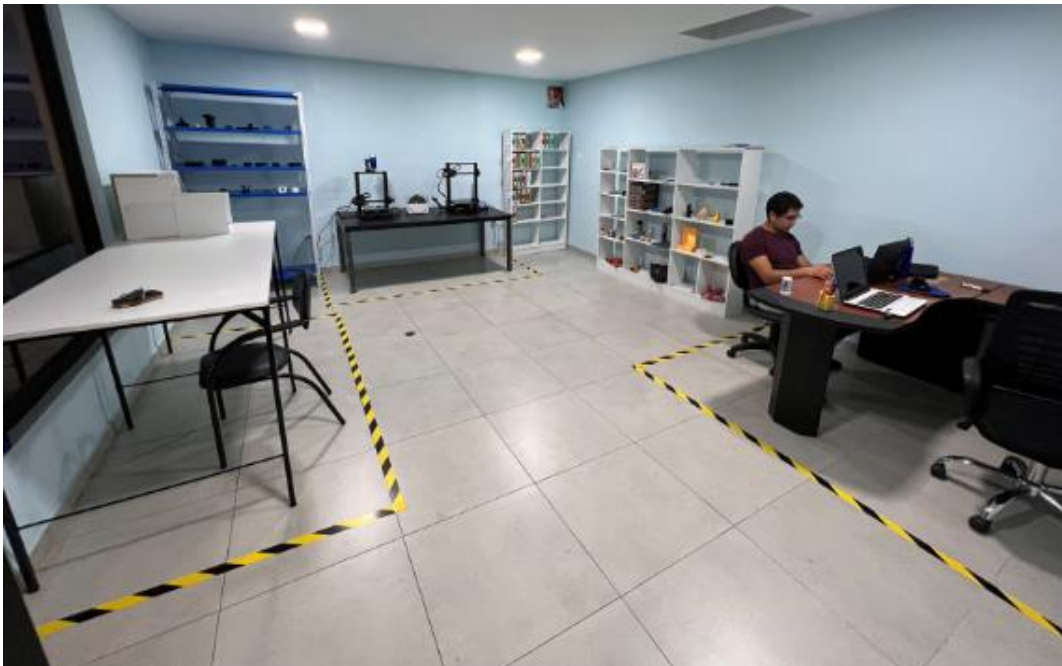


Figura 3.1. Fotografía del espacio físico de la unidad de manufactura
(Fuente: Propia)

3.2. Autopartes del sistema eléctrico y compartimiento del motor

Los procesos y los equipos seleccionados permitieron realizar la manufactura de las 20 autopartes descritas anteriormente. Los tiempos de fabricación y las características de impresión por cada una de las autopartes se describen a continuación.

3.2.1. Autoparte 01: Soporte computador

El soporte de computador para el modelo HAVAL M4 se encuentra en el compartimiento del motor y mediante 12 tuercas y dos seguros soportan la ECU del vehículo, la cual no representa una carga significativa que ponga en riesgo la pieza fabricada. En la Tabla 3.1, se muestran las características de la pieza fabricada.

Tabla 3.1. Autoparte 01: Soporte computador

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 7 [horas] - Material: PLA blue - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 272 x 280 x 39 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.2 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura del soporte de computador.

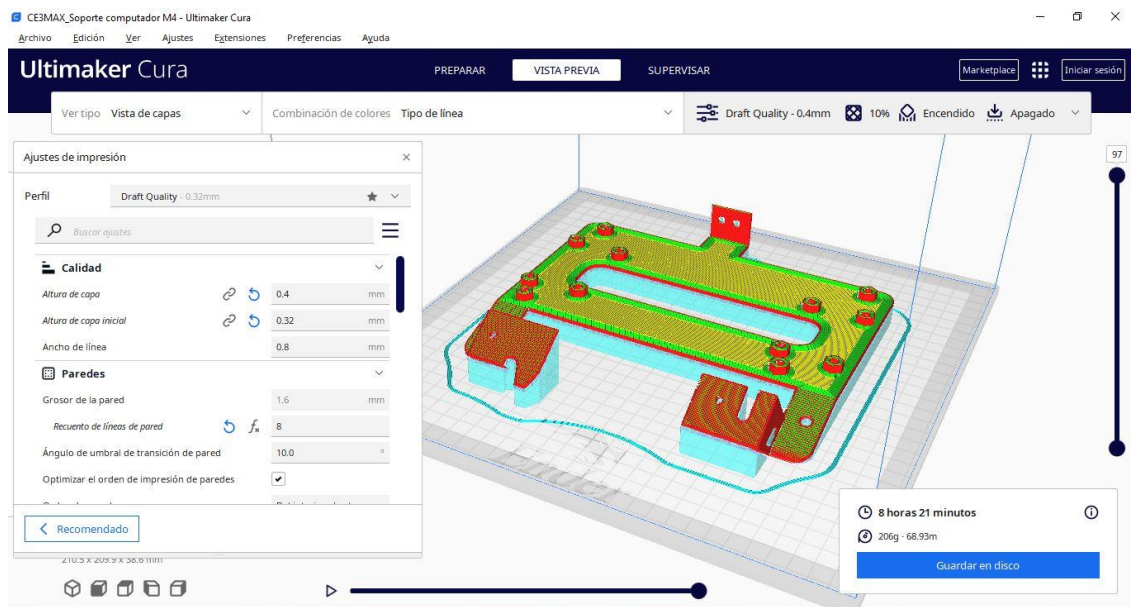


Figura 3.2. Autoparte 01: Soporte Computador.
(Fuente: Propia)

3.2.2. Autoparte 02: Tapa borne positivo batería.

Para la fabricación de la tapa del borne positivo de la batería es necesario que la bincha de sujeción se encuentre lo bastante rígida. Esto para soportar al momento generado cuando el usuario cubra o descubra el borne. Para que la pieza fabricada cumpla con su funcionalidad, en la Tabla 3.2, se puede observar la pieza fabricada y las características de fabricación.

Tabla 3.2. Autoparte 02: Tapa borne.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 9,25 [horas] - Material: ABS - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 111 x 47 x 38 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.3 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la tapa de borne positivo de la batería.

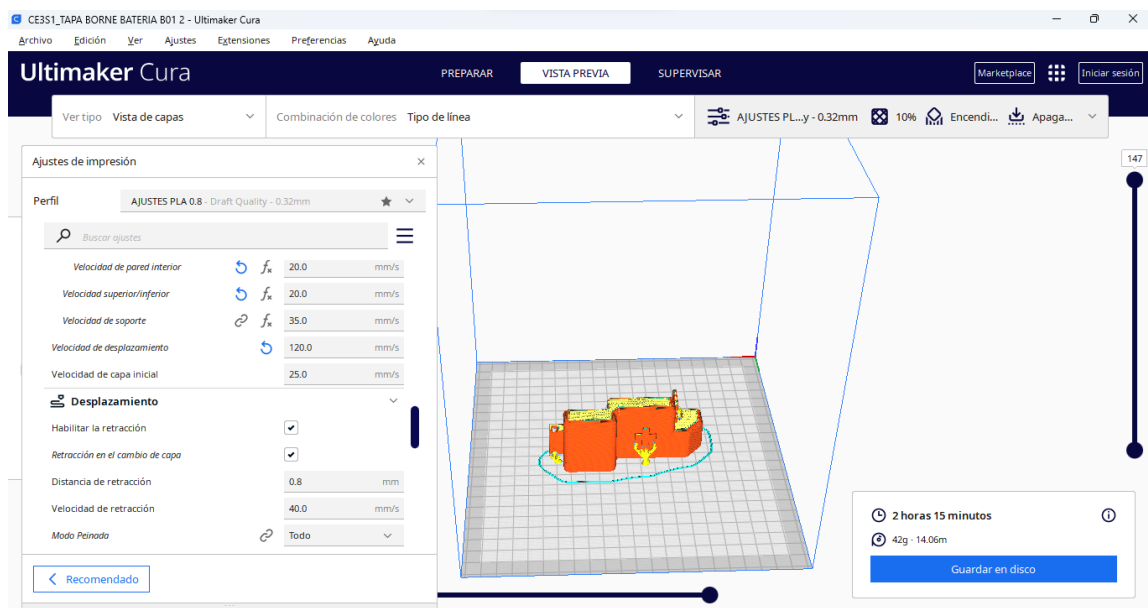


Figura 3.3. Autoparte 02: Tapa borne.
(Fuente: Propia)

3.2.3. Autoparte 03: Base encendedor.

La base del encendedor forma parte del sistema eléctrico y no soporta cargas externas significativas que puedan comprometer el funcionamiento de la pieza fabricada. En la Tabla 3.3, se muestran las características de fabricación en las pruebas realizadas en la unidad de manufactura.

Tabla 3.3. Autoparte 03: Base encendedor.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 2,2 [horas] - Material: PLA silk - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 37 x 37 x 43 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - Requiere instalación del pin conector 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.4 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la base encendedor.

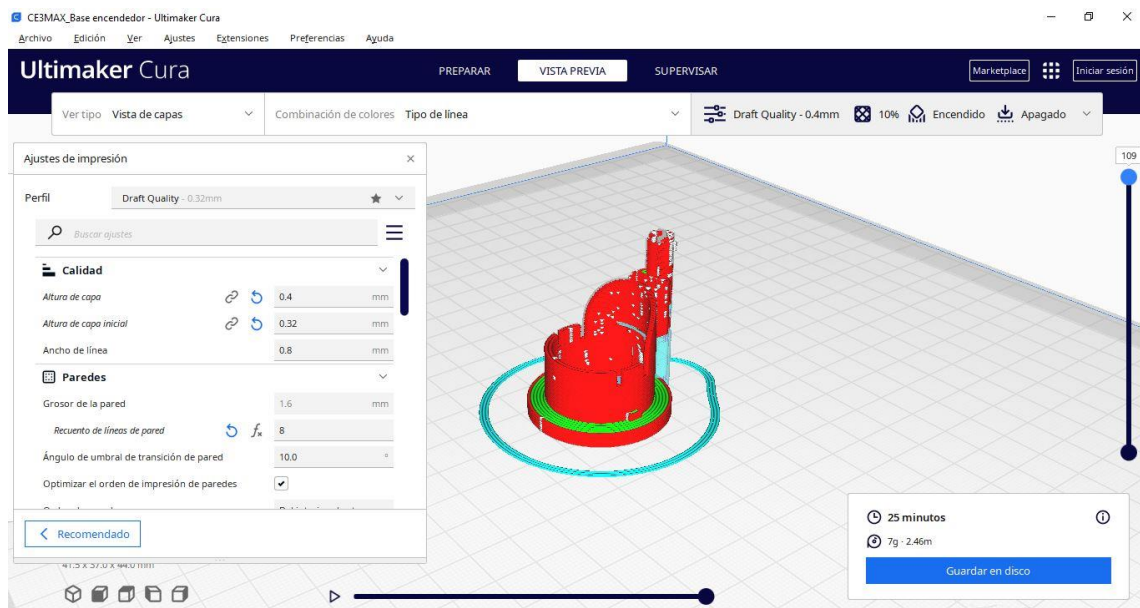


Figura 3.4. Autoparte 03: Base encendedor.
(Fuente: Propia)

3.2.4. Autoparte 04: Cubierta perno plumas.

La función de la cubierta del perno de las plumas es estética debido que solo debe tapar la cabeza del perno del brazo de pluma ubicado sobre el piano de plumas en el compartimiento de motor del vehículo. Por lo que en la Tabla 3.4, se presentan las características de fabricación con la finalidad de darle un buen acabado.

Tabla 3.4. Autoparte 04: Cubierta perno.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 2,9 [horas] - Material: PLA - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 30% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 32 x 34 x 38 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - Requiere instalación del pin conector 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.5 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la cubierta del perno de plumas.

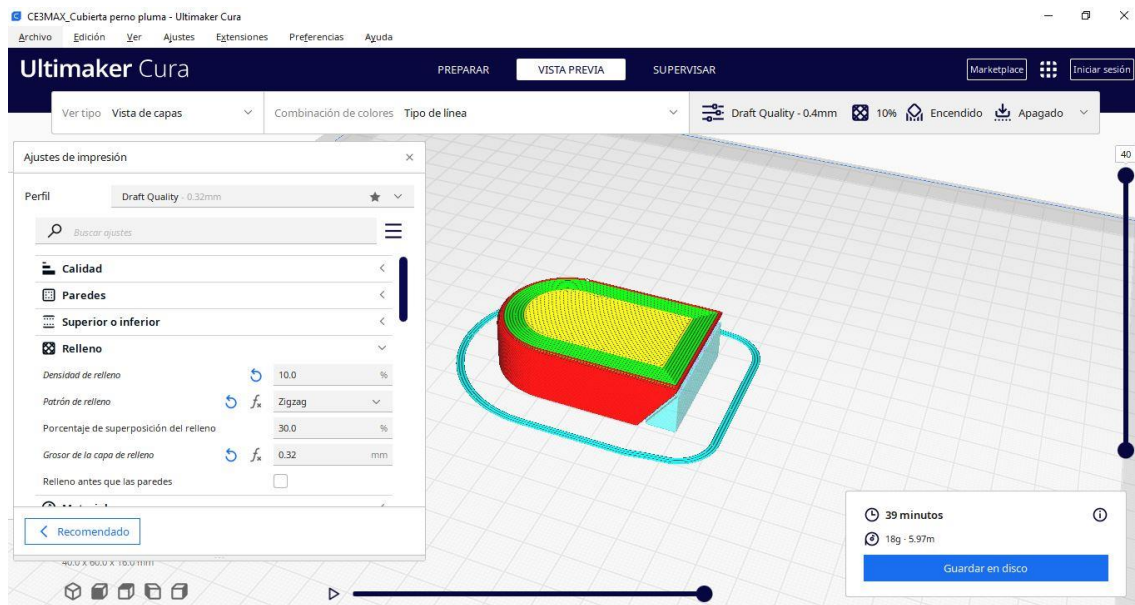


Figura 3.5. Autoparte 04: Cubierta perno.
(Fuente: Propia)

3.2.5. Autoparte 05: Tapa fusiblera compartimiento motor.

La tapa de la fusiblera es la encargada de cubrir la caja de fusibles y relés del sistema eléctrico del vehículo. La sujeción de la tapa es mediante dos binchas y se encuentra lo suficientemente separada del motor para que la temperatura no represente un problema para la pieza fabricada. En la Tabla 3.5, se presentan las características de fabricación.

Tabla 3.5. Autoparte 05: Tapa de la fusiblera motor.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 14,25 [horas] - Material: PLA - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 147 x 104 x 57 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.6 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la tapa de fusiblera del compartimiento de motor.

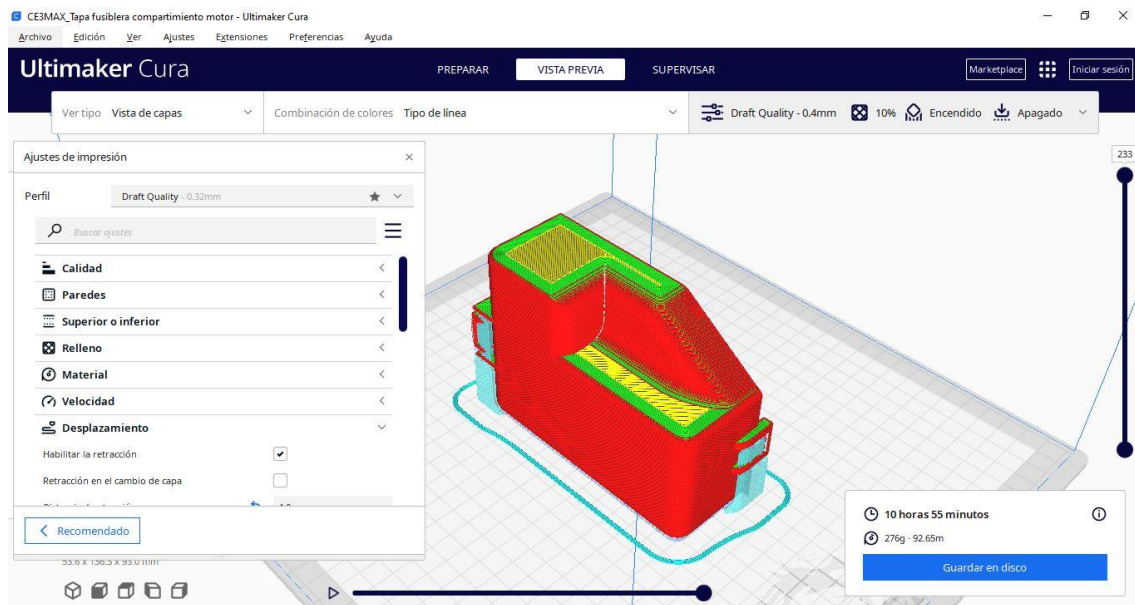




Figura 3.6. Autoparte 05: Tapa fusiblera motor.
(Fuente: Propia)

3.2.6. Autoparte 06: Tapa posterior de faro.

La funcionalidad de la tapa posterior de faros es cubrir los conectores y luces del agua y el polvo. En la Tabla 3.6, se muestran las características de fabricación.

Tabla 3.6. Autoparte 06: Tapa de faros.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 3 [horas] - Material: PLA - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 69 x 69 x 29 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - Requiere instalación de o-ring 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.7 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la moldura tapa posterior de faro.

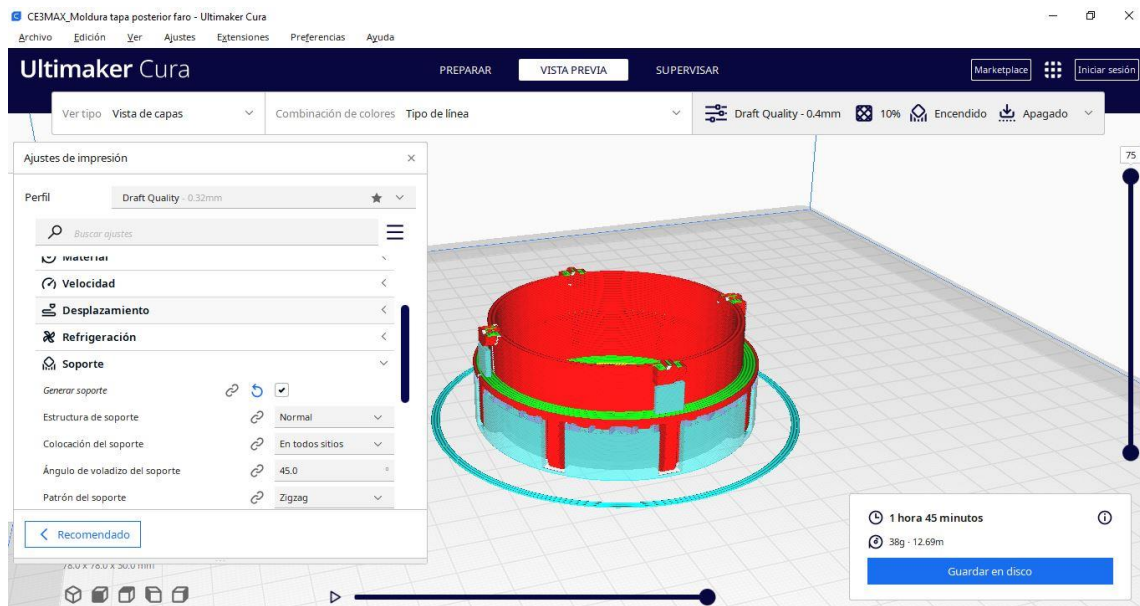




Figura 3.7. Autoparte 06: Tapa faro.
(Fuente: Propia)

3.2.7. Autoparte 07: Tubería reservorio plumas.

La función de la tubería del reservorio de plumas es dirigir el líquido al tanque de reserva y este no se encuentra sometido a ninguna carga elevada. Para la fabricación de este

tipo de repuestos es necesario el uso de una boquilla de 0,2 [mm] para evitar filtraciones del fluido. En la Tabla 3.7, se muestran las características de fabricación.

Tabla 3.7. Autoparte 07: Tubería plumas.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 5,2 [horas] - Material: PLA transparente - Boquilla: 0,2 [mm] - Relleno: 30% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 52 x 90 x 280 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - Requiere instalación de tapa y o-ring 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.8 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la tubería de entrada de reservorio de líquido de plumas.

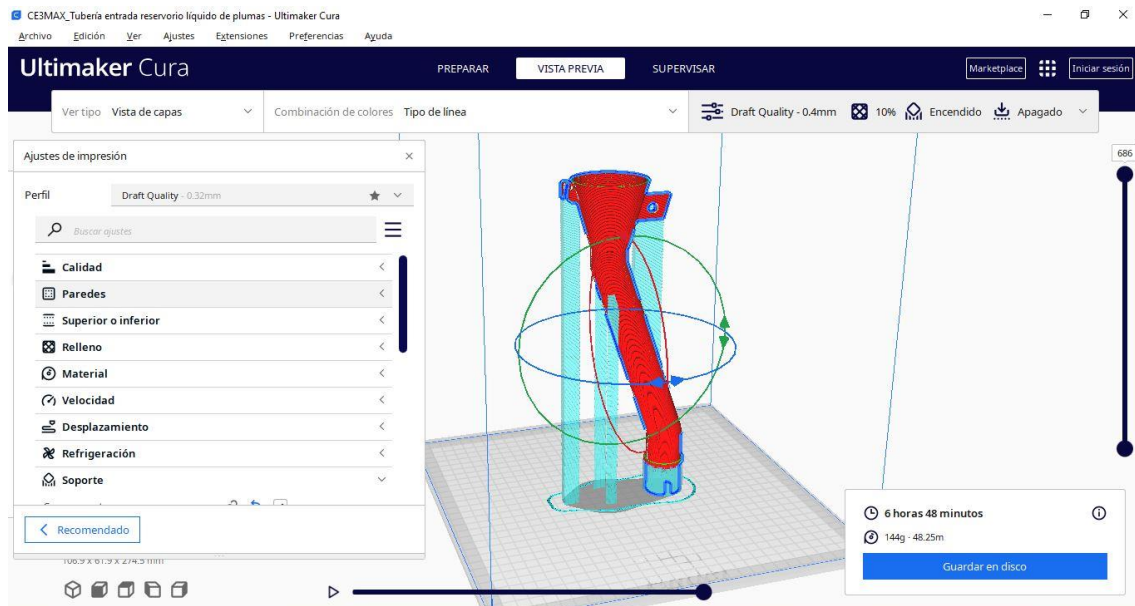


Figura 3.8. Autoparte 07: Tubería plumas.
(Fuente: Propia)

3.2.8. Autoparte 08: Toma de radiador.

La toma del radiador debe ser capaz de soportar una temperatura de 95° [C] y una presión 1,1 [PSI], por lo que es necesario fabricarlo con ABS, 50% de relleno y 6

paredes. En la Tabla 3.8, se observan las características de fabricación para que el repuesto cumpla con su funcionalidad.

Tabla 3.8. Autoparte 08: Toma de radiador.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 7 [horas] - Material: ABS - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 50% - Número de paredes: 6 - Dimensiones: 97 x 95 x 121 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.9 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la toma de radiador.

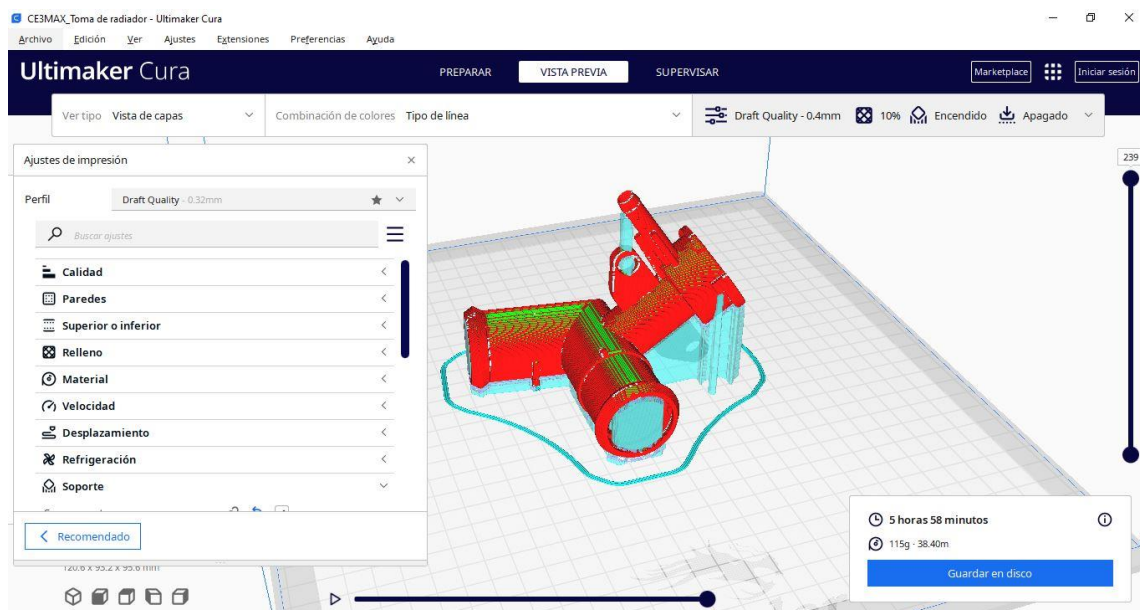




Figura 3.9. Autoparte 08: Toma radiador.
(Fuente: Propia)

3.2.9. Autoparte 09: Tapa tanque de reserva refrigerante.

La tapa del tanque de reserva del refrigerante debe soportar una temperatura de 95° [C]. En la Tabla 3.9, se muestran las características de fabricación.

Tabla 3.9. Autoparte 09: Tapa tanque reserva.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 1,2 [horas] - Material: ABS - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 54 x 54 x 13 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.10 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la tapa del tanque de reserva de refrigerante del motor.

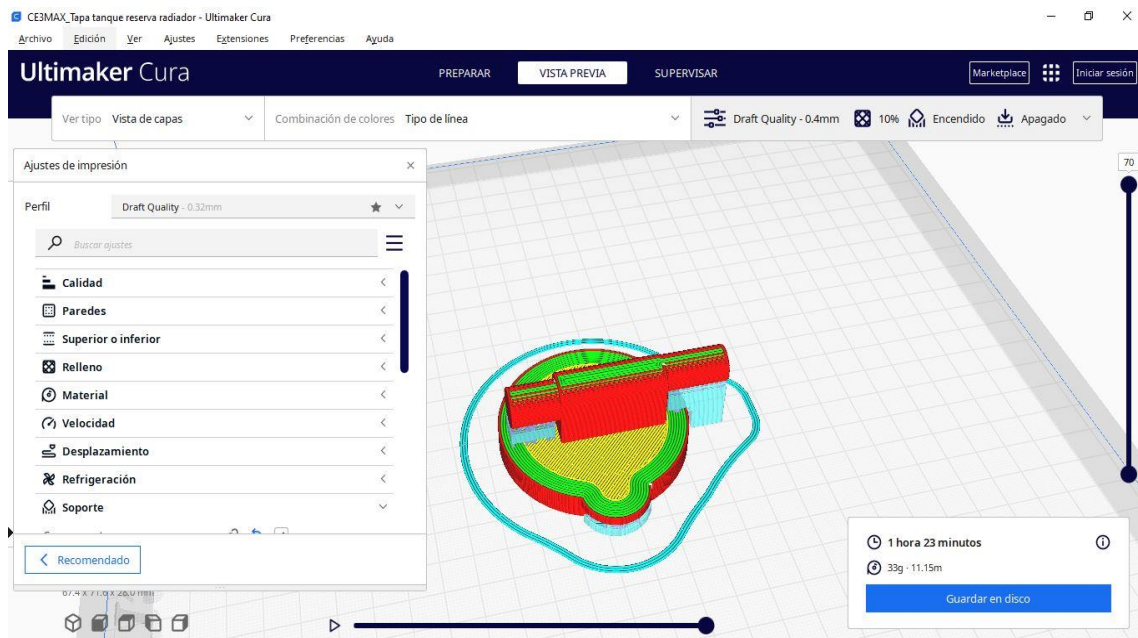


Figura 3.10. Autoparte 09: Tapa tanque reserva.
(Fuente: Propia)

3.2.10. Autoparte 10: Tanque de aceite de dirección hidráulica.

El tanque de aceite de dirección hidráulica debe cumplir con la función de almacenar el líquido de la dirección, por lo que es necesario fabricarlo con una boquilla de 0,2 [mm]. En la Tabla 3.10, se puede observar la pieza fabricada y las características de fabricación.

Tabla 3.10. Autoparte 10: Tanque de aceite.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 12 [horas] - Material: ABS - Boquilla: 0,2 [mm] - Relleno: 30% - Número de paredes: 6 - Dimensiones: 125 x 87 x 126 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.11 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura del tanque de aceite de dirección hidráulica.

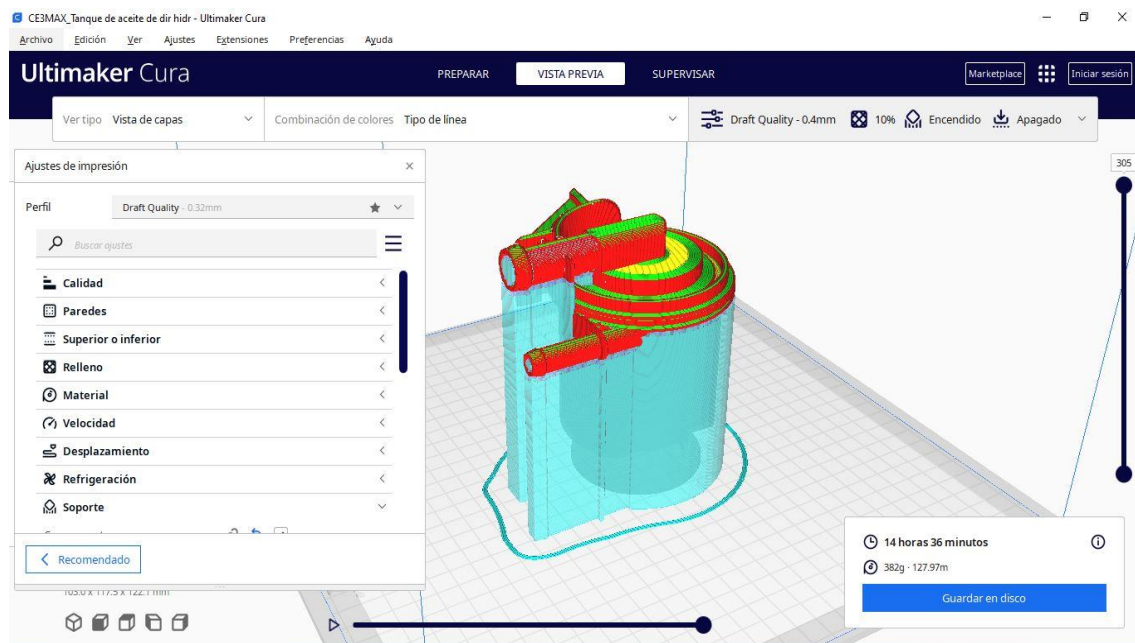




Figura 3.11. Autoparte 10: Tanque aceite.
(Fuente: Propia)

3.2.11. Autoparte 11: Clip sujetador plástico.

El clip sujetador tiene la función de sostener dos mangueras de protección eléctrica. Este repuesto no está sometido a cargas elevadas. En la Tabla 3.11, se muestran las características de fabricación.

Tabla 3.11. Autoparte 11: Clip sujetador.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 1,5 [horas] - Material: PLA - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 62 x 28 x 12 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.12 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura del clip sujetador plástico.

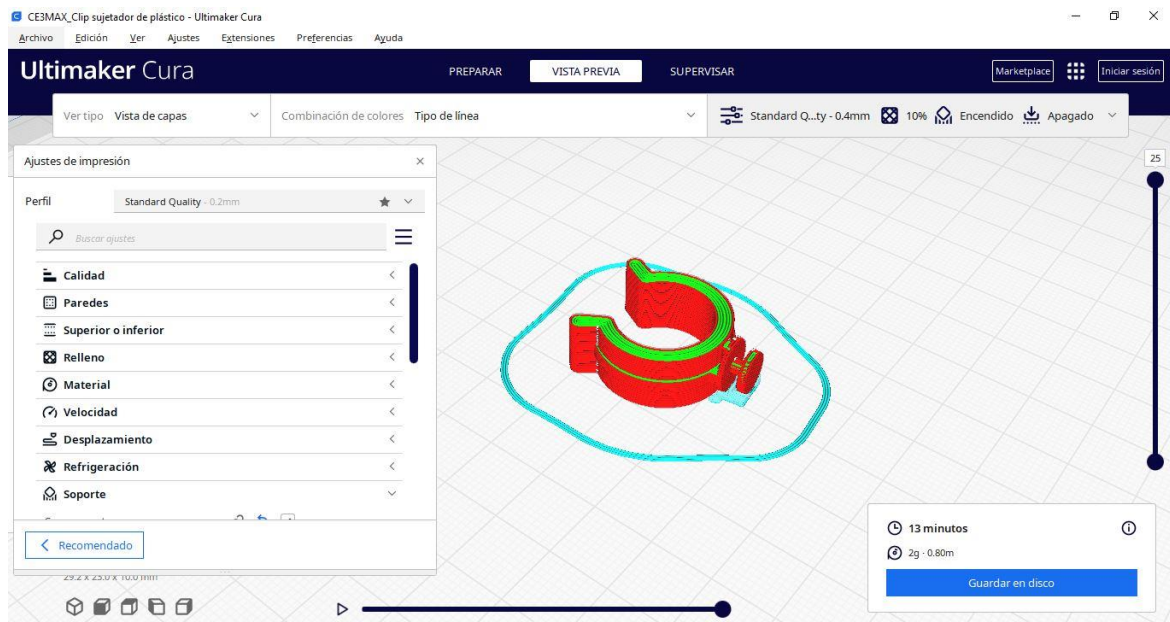


Figura 3.12. Autoparte 11: Clip sujetador.
(Fuente: Propia)

3.2.12. Autoparte 12: Guía de cadena de distribución.

La guía de la cadena de distribución es un componente de plástico que no está sometido a cargas que comprometan su funcionalidad. En la Tabla 3.12, se muestra el repuesto y fabricado y las características de fabricación.

Tabla 3.12. Autoparte 12: Guía de cadena.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 9 [horas] - Material: PLA - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 43 x 280 x 21 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.13 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la guía de la cadena de distribución.

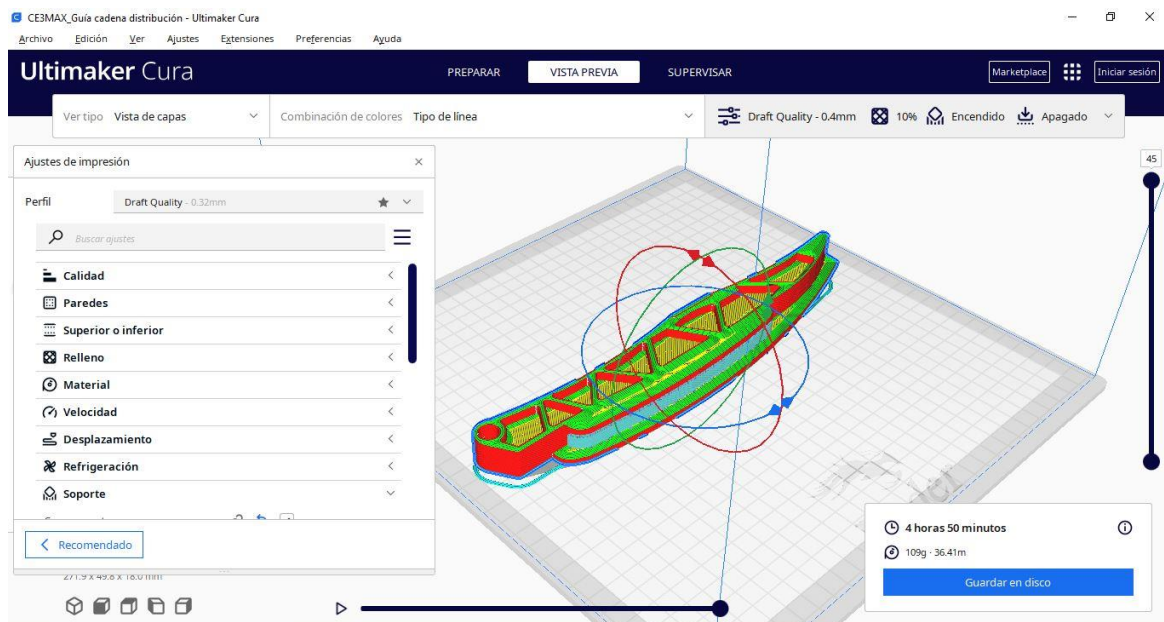



Figura 3.13. Autoparte 12: Guía de cadena.
(Fuente: Propia)

3.2.13. Autoparte 13: Tapa de aceite.

La tapa del aceite es un componente que tiene la función de evitar pérdida de aceite por el orificio de llenado y el ingreso de material contaminante. No soporta cargas elevadas y está fabricado en plástico. En la Tabla 3.13, se muestran las características de fabricación.

Tabla 3.13. Autoparte 13: Tapa de aceite.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 3,4 [horas] - Material: PLA - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 52 x 52 x 39 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - Requiere instalación de empaque <p>(Fuente: Propia)</p>		

En la Figura 3.14 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la tapa de aceite.

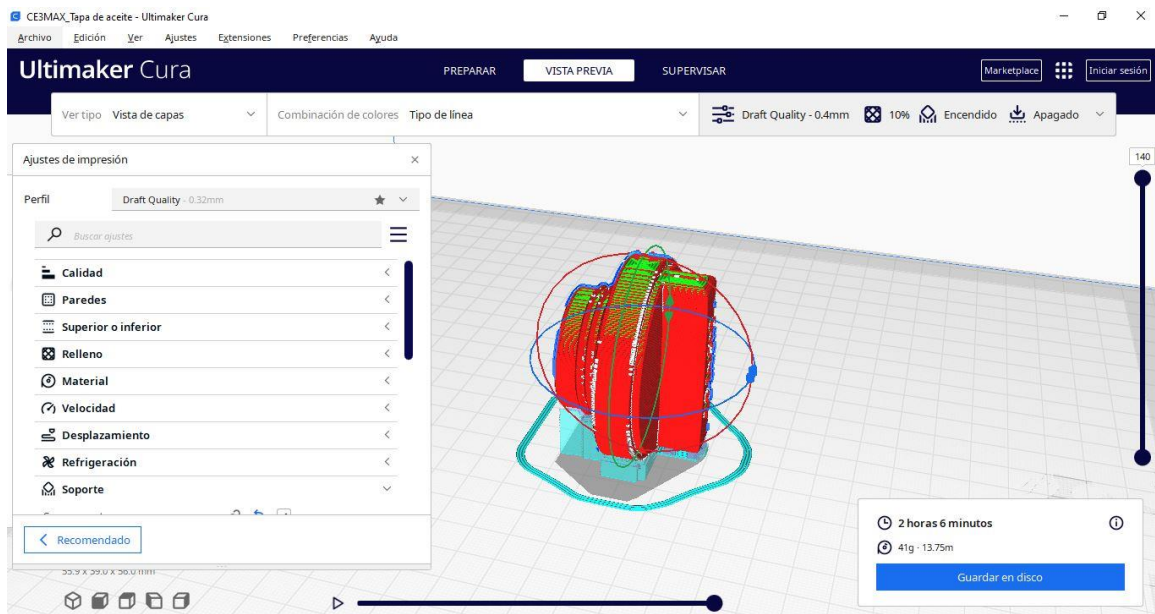




Figura 3.14. Autoparte 13: Tapa de aceite.
(Fuente: Propia)

3.2.14. Autoparte 14: Soporte U de radiador.

El soporte U de radiador tiene la función de centrar el radiador en la U del vehículo y evitar que este se mueva. En la Tabla 3.14, se puede observar las características de fabricación.

Tabla 3.14. Autoparte 14: Soporte U radiador.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 7 [horas] - Material: PLA - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 72 x 68 x 44 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.15 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la moldura de soporte U de radiador.

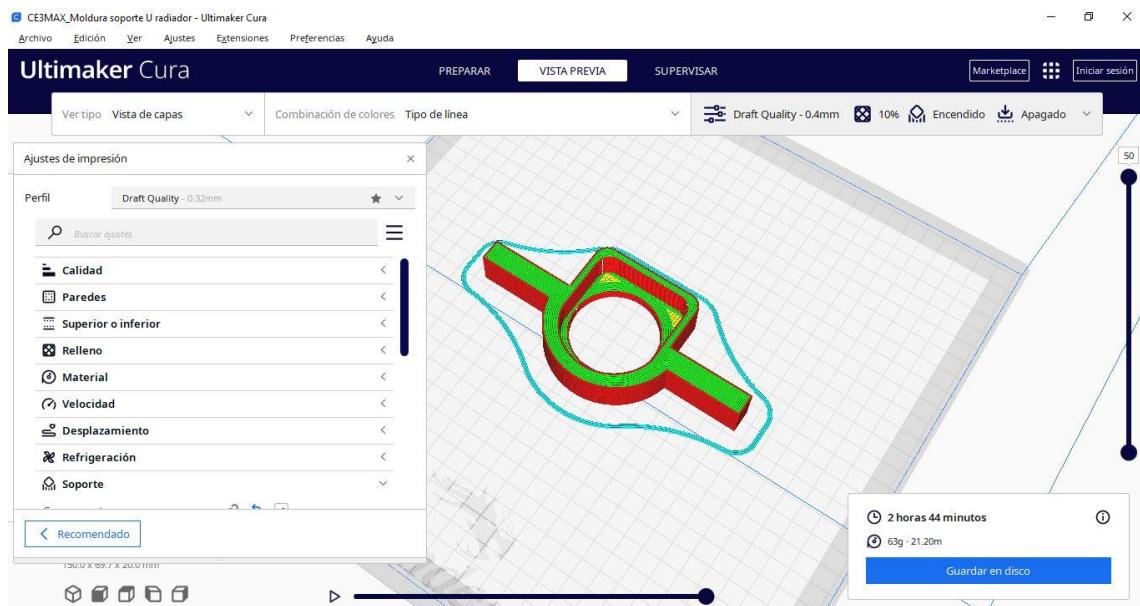




Figura 3.15. Autoparte 14: Soporte U radiador.
(Fuente: Propia)

3.2.15. Autoparte 15: Cámara de extracción.

La cámara de extracción filtra el aire que ingresa a la cabina de pasajeros. Este repuesto no soporta cargas importantes y puede ser fabricado en plástico. En la Tabla 3.15, se puede observar las características de fabricación.

Tabla 3.15. Autoparte 15: Cámara de extracción.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 9,25 [horas] - Material: PLA - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 154 x 96 x 87 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.16 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la cámara de extracción.

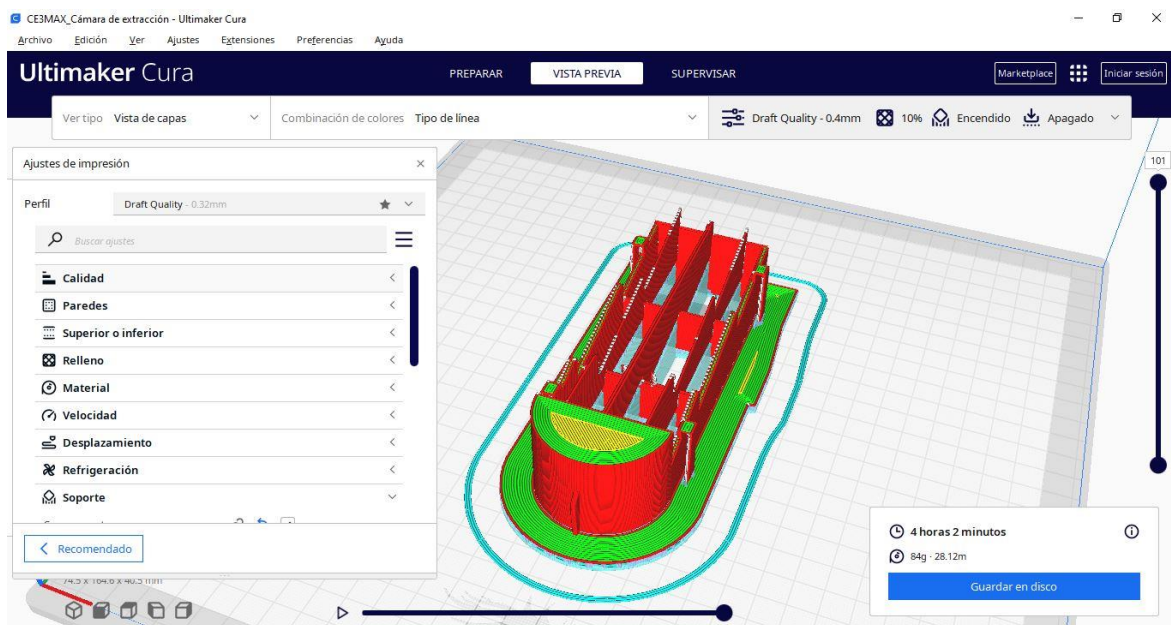


Figura 3.16. Autoparte 15: Cámara de extracción.
(Fuente: Propia)

3.2.16. Autoparte 16: Colector de aceite.

El colector de aceite permite filtrar el aceite que se almacena en el carter. Debe soportar una temperatura de 105° [C]. En la Tabla 3.16, se puede observar las características de fabricación.

Tabla 3.16. Autoparte 16: Colector de aceite.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 7 [horas] - Material: ABS - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 30% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 137 x 95 x 73 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.17 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura del colector de aceite.

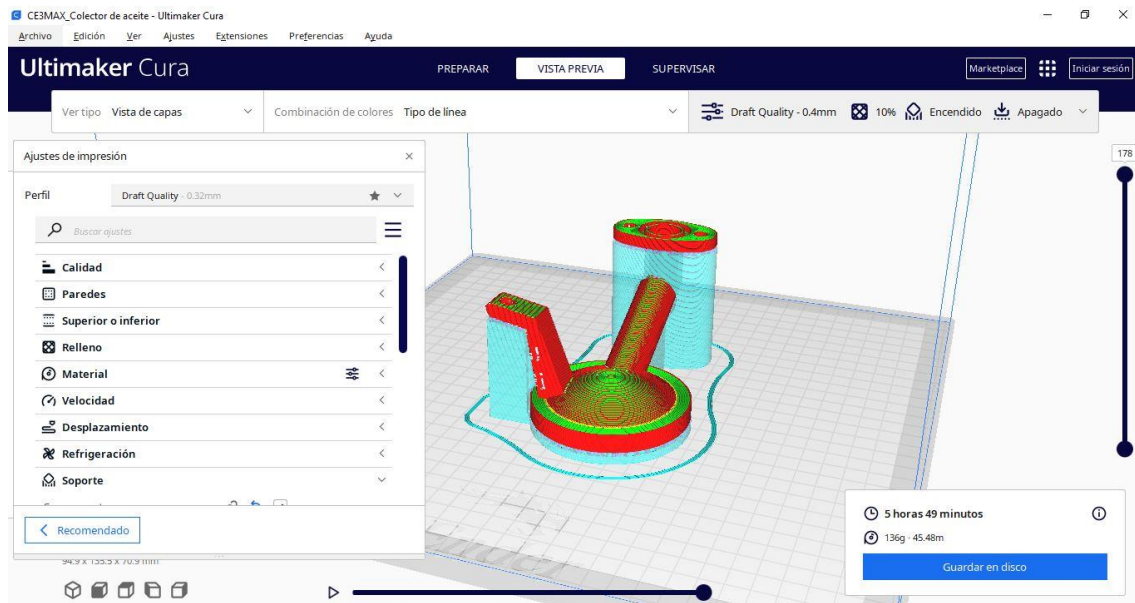




Figura 3.17. Autoparte 16: Colector de aceite.
(Fuente: Propia)

3.2.17. Autoparte 17: Tapa fusiblera tablero de instrumentos.

La tapa de la fusiblera del tablero de instrumentos es la encargada de cubrir la caja de fusibles y relés del sistema eléctrico del vehículo. La sujeción de la tapa es mediante dos binchas. En la Tabla 3.17, se presentan las características de fabricación.

Tabla 3.17. Autoparte 17: Tapa fusiblera tablero.

Características de fabricación	Pieza original	Pieza fabricada
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación: 7,7 [horas] - Material: PLA - Boquilla: 0,4 [mm] - Relleno: 20% - Número de paredes: 4 - Dimensiones: 120 x 69 x 38 [mm] - No requiere recubrimiento adicional - No requiere accesorios 		

(Fuente: Propia)

En la Figura 3.18 se muestra la digitalización y el proceso de simulación de impresión en el software cura de la tapa de fusiblera del tablero de instrumentos.

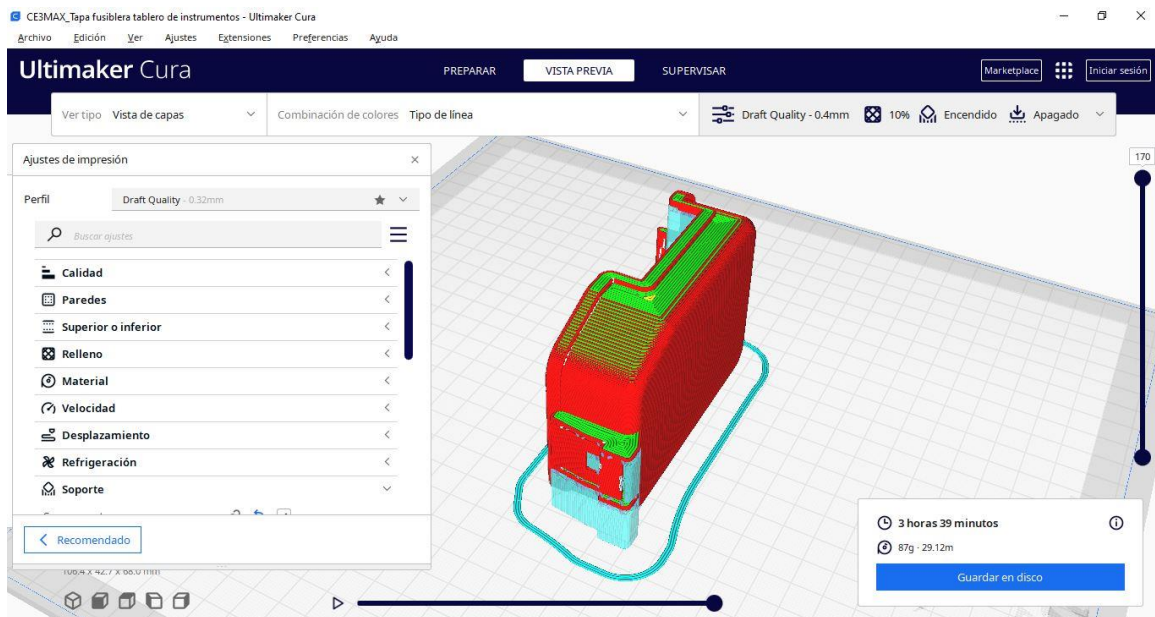


Figura 3.18. Autoparte 17: Tapa fusiblera tablero.
(Fuente: Propia)

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el proceso de diseño y montaje de la unidad de manufactura de autopartes es posible deducir las siguientes conclusiones y recomendaciones.

4.1. Conclusiones

En el presente proyecto, se realizó el diseño y montaje de una unidad de manufactura aditiva de autopartes mediante el proceso de modelado por deposición fundida (FDM), con una planificación y distribución orientada al proceso y con la capacidad de cubrir la demanda mensual presentada.

Debido a que el vehículo HAVAL M4 es un modelo descontinuado, es posible determinar que existe la oportunidad para incursionar de manera competente en la fabricación, mediante impresión 3D, de ciertos repuestos de complicada adquisición.

Se cumplió satisfactoriamente con los requerimientos del usuario en la evaluación de las alternativas para lograr un diseño óptimo de la unidad de manufactura.

El proceso de modelado por deposición fundida presenta mejores ventajas en cuanto a costos y velocidad de impresión en la fabricación de autopartes en comparación a otros procesos de impresión 3D.

En la selección del material, dependiendo de la funcionalidad de la pieza a fabricar y de las cargas a las que se encuentre sometida, se concluye que: es necesario el uso de PLA como materia prima para piezas donde se requiera optimizar costos y adquirir un buen acabado, y ABS para piezas donde la prioridad sea la resistencia.

Debido a la amplia variedad de productos y el bajo volumen de producción, además de los varios requerimientos de las autopartes a fabricarse, se concluye que el modelo de distribución orientada al proceso resulta el más eficiente en el diseño de la unidad de manufactura.

El escenario económico es favorable para la empresa CIOTEC en la implementación de la unidad de manufactura de autopartes, donde mediante el análisis técnico económico se percibe una recuperación de inversión en el mes 25.

A partir del estudio técnico económico se puede concluir la factibilidad del proyecto debido a que se obtuvo un VAN de valor positivo y una tasa interna de retorno 32% superior a la tasa de descuento.

Se observó durante las pruebas, que la configuración de los parámetros de impresión en el software CURA, como por ejemplo el número de capas en la fabricación de las autopartes, favorece a la resistencia de estas y permite reducir el tiempo de impresión lo que reduce los tiempos totales de fabricación.

Las piezas seleccionadas y que posteriormente se fabricaron fueron sometidas a pruebas directamente en el vehículo HAVAL M4, y no presentaron dificultades en su funcionalidad y con un aceptable acabado superficial.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda la implementación de un plan de mantenimiento para los equipos de la unidad de manufactura que permita evitar imprevistos que afecten a la producción de esta.

El incremento de la demanda y capacidad de producción influyen en la recuperación de la inversión, pero es necesario que los principales directivos de la empresa adopten buenas políticas de administración.

Se recomienda evaluar la alternativa a futuro de la adquisición de un scanner 3D para el área de digitalización que agilite el proceso y permita evitar errores en las dimensiones de las piezas a fabricar.

Se recomienda realizar pruebas de resistencia de las distintas autopartes para evaluar el material adecuado para su fabricación.

En la actualidad existe poca investigación acerca de la implementación de la tecnología 3D en el área automotriz. Por lo que es necesario que este campo sea explorado de una manera más amplia que permita el desarrollo y crecimiento de la industria de la fabricación de vehículos en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Aduba, D. C., Margareta, E. D., Marnot, A. E. C., Heifferon, K. v., Surbey, W. R., Chartrain, N. A., Whittington, A. R., Long, T. E., & Williams, C. B. (2019). Vat photopolymerization 3D printing of acid-cleavable PEG-methacrylate networks for biomaterial applications. *Materials Today Communications*, 19, 204–211. <https://doi.org/10.1016/J.MTCOMM.2019.01.003>
- Ambacar, & Ciauto. (2020). *HAVAL M4*. <https://www.haval.ec/vehiculos/haval-m4>
- Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. (n.d.). *AUTOMOTIVE SECTOR IN FIGURES*. Retrieved June 2, 2022, from <https://www.aeade.net/>
- Binder Jetting | Additive Manufacturing Research Group | Loughborough University*. (n.d.). Retrieved February 8, 2023, from <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/binderjetting/>
- Copyright © 2023 Shenzhen Creality 3D Technology Co., Ltd. (2023). *CREALITY*.
- Dechet, M. A., Demina, A., Römling, L., Gómez Bonilla, J. S., Lanyi, F. J., Schubert, D. W., Bück, A., Peukert, W., & Schmidt, J. (2020). Development of poly(L-lactide) (PLLA) microspheres precipitated from triacetin for application in powder bed fusion of polymers. *Additive Manufacturing*, 32, 100966. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2019.100966>
- Desconocido. (2014, December 27). *Tipos de metrología*. Tipos.
- Elakkad, A. S. (2019). 3D Technology in the Automotive Industry. In *IJERT Journal International Journal of Engineering Research and Technology*. www.ijert.org
- Ferrández-Montero, A., Lieblich, M., Benavente, R., González-Carrasco, J. L., & Ferrari, B. (2020). Study of the matrix-filler interface in PLA/Mg composites manufactured by Material Extrusion using a colloidal feedstock. *Additive Manufacturing*, 33, 101142. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2020.101142>
- Gao, W., Zhang, Y., Ramanujan, D., Ramani, K., Chen, Y., Williams, C. B., Wang, C. C. L., Shin, Y. C., Zhang, S., & Zavattieri, P. D. (2015). The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering. *CAD Computer Aided Design*, 69, 65–89. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2015.04.001>
- Gibson, I., Rosen, D., Stucker, B., & Khorasani, M. (2021a). Additive Manufacturing Technologies. *Additive Manufacturing Technologies*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-56127-7>

- Gibson, I., Rosen, D., Stucker, B., & Khorasani, M. (2021b). Industrial Drivers for AM Adoption. In *Additive Manufacturing Technologies*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56127-7_21
- GOOGLE. (2023). *MECÁNICA AUTOMOTRIZ CIOTEC*. <https://www.google.com/maps/place/MEC%C3%81NICA+AUTOMOTRIZ+CIOTEC/@-0.1974683,-78.4953142,16.5z/data=!4m6!3m5!1s0x91d59b9bdec040ef:0xec4fce4fb8e6dd87!8m2!3d-0.197182!4d-78.4936486!16s%2Fg%2F11qngym4zt>
- Hafkamp, T., van Baars, G., de Jager, B., & Etman, P. (2018). A feasibility study on process monitoring and control in vat photopolymerization of ceramics. *Mechatronics*, *56*, 220–241. <https://doi.org/10.1016/J.MECHATRONICS.2018.02.006>
- Haleem, A., & Javaid, M. (2019). Additive Manufacturing Applications in Industry 4.0: A Review. *Journal of Industrial Integration and Management*, *04*(04), 1930001. <https://doi.org/10.1142/s2424862219300011>
- He, Y., Zhang, F., Saleh, E., Vaithilingam, J., Aboulkhair, N., Begines, B., Tuck, C. J., Hague, R. J. M., Ashcroft, I. A., & Wildman, R. D. (2017). A Tripropylene Glycol Diacrylate-based Polymeric Support Ink for Material Jetting. *Additive Manufacturing*, *16*, 153–161. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2017.06.001>
- Hill, T. , & G. J. (2012). *Principles of operations management*. (Cengage Learning, Ed.).
- Holzmann, P., Breiteneker, R. J., Soomro, A. A., & Schwarz, E. J. (2017). User entrepreneur business models in 3D printing. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *28*(1), 75–94. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2015-0115/FULL/XML>
- Huang, S. H., Liu, P., & Mokasdar, A. (2013). *Additive manufacturing and its societal impact: a literature review*. 1191–1203. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4558-5>
- IMPRESORAS3D.COM. (2022). *Postprocesado 3D: Todo lo que deberías saber*.
- ISO/ASTM. (2013). Additive Manufacturing - General Principles Terminology (ASTM52900). *Rapid Manufacturing Association*, 10–12. <https://doi.org/10.1520/F2792-12A.2>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, I. A., Espinosa, M. D. M., & Domínguez, M. (2019). Additive Manufacturing Technologies: An Overview about 3D Printing Methods and Future Prospects. *Complexity*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9656938>

- Johnson, G. A., & French, J. J. (2018). Evaluation of Infill Effect on Mechanical Properties of Consumer 3D Printing Materials. In *Advances in Technology Innovation* (Vol. 3, Issue 4).
- Khan, J., & Mishra, A. (2019). Role of CAD/CAM in Designing, Challenges Facing in Manufacturing Industry and Developing Manufacturing in Modern Manufacturing Technology. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 453–457. www.irjet.net
- Lee, J. Y., An, J., & Chua, C. K. (2017a). Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials. *Applied Materials Today*, 7, 120–133. <https://doi.org/10.1016/J.APMT.2017.02.004>
- Lee, J. Y., An, J., & Chua, C. K. (2017b). Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials. In *Applied Materials Today* (Vol. 7, pp. 120–133). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2017.02.004>
- Li, P., Gong, Y., Xu, Y., Qi, Y., Sun, Y., & Zhang, H. (2019). Inconel-steel functionally bimetal materials by hybrid directed energy deposition and thermal milling: Microstructure and mechanical properties. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 19(3), 820–831. <https://doi.org/10.1016/J.ACME.2019.03.002>
- Lucia C. (2022, May 12). *Las mejores impresoras 3D de resina en la industria*. Las Mejores Impresoras 3D de Resina En La Industria.
- Morton, P. A., Taylor, H. C., Murr, L. E., Delgado, O. G., Terrazas, C. A., & Wicker, R. B. (2020). In situ selective laser gas nitriding for composite TiN/Ti-6Al-4V fabrication via laser powder bed fusion. *Journal of Materials Science & Technology*, 45, 98–107. <https://doi.org/10.1016/J.JMST.2019.11.009>
- Mostafaei, A., Stevens, E. L., Ference, J. J., Schmidt, D. E., & Chmielus, M. (2018). Binder jetting of a complex-shaped metal partial denture framework. *Additive Manufacturing*, 21, 63–68. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2018.02.014>
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2014). *Niebel's methods, standards, and work design* (Mc Graw Hill, Ed.; Thirteenth Edition).
- Noroña Merchan, M. V., & Gómez Berrezueta, M. F. (2018a). Análisis de una cadena de suministro de autopartes. *INNOVA Research Journal*, 3(10.1), 123–134. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.1.2018.898>
- Noroña Merchan, M. V., & Gómez Berrezueta, M. F. (2018b). Análisis de una cadena de suministro de autopartes. *INNOVA Research Journal*, 3(10.1), 123–134. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.1.2018.898>
- Odremán, J. (2014). Impresión 3D en la Industria: Un acercamiento a la tecnología y su influencia en la Industria Petrolera. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 18(73), 166.

- Pirch, N., Linnenbrink, S., Gasser, A., & Schleifenbaum, H. (2019). Laser-aided directed energy deposition of metal powder along edges. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *143*, 118464. <https://doi.org/10.1016/J.IJHEATMASSTRANSFER.2019.118464>
- Romero, I. A., Galindo, O. G., & Cruz Perez, H. (2019). Tema A2b Manufactura : Fundición desechable para impresión 3d , aplicando tecnologías asistidas por computadora ". *IPN, ESIME-Azc.*, 12. http://somim.org.mx/memorias/memorias2019/articulos/A2_106.pdf
- Rosenthal, R., & Rosnow, R. L. (2008). *Essentials of behavioral research : methods and data analysis*. McGraw-Hill.
- Savastano, M., Amendola, C., D'Ascenzo, F., & Massaroni, E. (2016). 3-D printing in the spare parts supply chain: An explorative study in the automotive industry. In *Lecture Notes in Information Systems and Organisation* (Vol. 18, pp. 153–170). Springer Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40265-9_11
- Schmitt, M., Mehta, R. M., & Kim, I. Y. (2020). Additive manufacturing infill optimization for automotive 3D-printed ABS components. *Rapid Prototyping Journal*, *26*(1), 89–99. <https://doi.org/10.1108/RPJ-01-2019-0007>
- Serdeczny, M. P., Comminal, R., Pedersen, D. B., & Spangenberg, J. (2020). Experimental and analytical study of the polymer melt flow through the hot-end in material extrusion additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, *32*, 100997. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2019.100997>
- Servitec 3D. (2021). *Ender 3 Max*. Ender 3 Max.
- Singh, T., Kumar, S., & Sehgal, S. (2020a). 3D printing of engineering materials: A state of the art review. *Materials Today: Proceedings*, *28*, 1927–1931. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.334>
- Singh, T., Kumar, S., & Sehgal, S. (2020b). Materials Today : Proceedings 3D printing of engineering materials : A state of the art review. *Materials Today: Proceedings*, *xxxx*, 3–7. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.334>
- Tompkins, J. A. B., White, J. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities planning*. (John Wiley & Sons, Ed.; 4th Edition). <https://www.wiley.com/en-us/Facilities+Planning%2C+4th+Edition-p-97804704444047>
- Ullah, A. M. M. S., & Harib, K. H. (2018). Tutorials for integrating CAD/CAM in engineering curricula. *Education Sciences*, *8*(3). <https://doi.org/10.3390/educsci8030151>

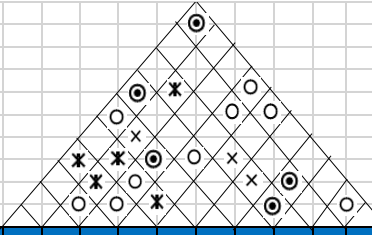
- Verga, F., Borlaf, M., Conti, L., Florio, K., Vetterli, M., Graule, T., Schmid, M., & Wegener, K. (2020). Laser-based powder bed fusion of alumina toughened zirconia. *Additive Manufacturing*, 31, 100959. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2019.100959>
- Wang, X., & Bi, Z. (2019). New CAD/CAM course framework in digital manufacturing. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(1), 128–144. <https://doi.org/10.1002/cae.22063>
- Wong, K. v., & Hernandez, A. (2012). A Review of Additive Manufacturing. *ISRN Mechanical Engineering*, 2012, 1–10. <https://doi.org/10.5402/2012/208760>
- Yadav, D. K., Srivastava, R., & Dev, S. (2019). Design & fabrication of ABS part by FDM for automobile application. *Materials Today: Proceedings*, 26, 2089–2093. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.451>
- Yao, C. (2021). Construction of Digital Model of Auto Parts Based on 3D Printing Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1744(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1744/2/022016>
- Ziaee, M., & Crane, N. B. (2019). Binder jetting: A review of process, materials, and methods. *Additive Manufacturing*, 28, 781–801. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2019.05.031>

ANEXOS

Anexo I. Casa de la calidad de la unidad de manufactura

Compromisos
Muy positivo ⊙
Positivo ○
Negativo ×
Muy negativo ✖

- ⊙ muy positiva
- positiva
- × negativa
- ✖ muy negativa



B=basico E=estimulante O=unidimensional Factor de incidencia Fuerte = 9 ⊙ Medio = 3 ○ Bajo = 1 ▽		VOZ DEL USUARIO Necesidad y deseos del usuario										A	B	C	D	E	F	G	H	I	
		VOZ DEL INGENIERO	Resistencia mecánica	Tiempo de producción	Alcance dimensional	Costo	Peso	Alcance geométrico	Gestión de la calidad	Capacidad producción	Acabado superficial	Selección Material	Propia Empresa	COMPETENCIA 1	COMPETENCIA 2	Objetivos	Índice de mejora	Factor de venta	Importancia	Ponderación	Ponderación en %
Factor de venta	Piezas seguras	B	⊙		○	○			○		▽	⊙	3	1	4	4	1,3	●	4	6,7	9,3
	Tiempo espera repuesto	E		⊙	○	⊙	○	▽		▽	▽		5	1	2	5	1,0	●	5	7,5	10,5
	Fabricar autopartes y accesorios	E	▽		⊙	▽		○	▽	▽			5	4	4	5	1,0	●	3	3,8	5,2
	Bajo Costo	O	▽	⊙		⊙	○	▽	○		○	⊙	2	3	1	4	2,0	●	4	10,0	14,0
	Bajo peso	O	○			○	⊙	▽		▽		⊙	4	2	3	3	0,8		2	1,5	2,1
	Geometrias complejas	B		○	○	⊙	▽	⊙	▽	○			4	2	1	4	1,0	●	5	7,5	10,5
	Piezas sin defectos	E		○		○			⊙	▽	⊙	○	4	1	4	5	1,3	●	4	6,3	8,7
	Satisfacer la demanda	E		⊙		▽			▽	⊙			1	2	2	3	3,0		2	6,0	8,4
	Buen acabado superficial	O		○		⊙	▽		○		⊙	⊙	4	3	2	3	0,8	●	4	3,8	5,2
	Resistencia condiciones de trabajo	B	⊙		▽	○	▽		○		⊙	⊙	2	2	4	5	2,5	●	5	18,8	26,2
71,7 100																					
		Propia Empresa	2	3	4	4	3	5	5	3	4	4									
		COMPETENCIA 1	3	1	2	5	5	2	1	2	1	2									
		COMPETENCIA 2	4	1	5	5	5	1	2	1	1	3									
		Incidencia	247	264	118	368	96	97,8	191	95,5	134	385	1995,67								
		Incidencia en %	12,4	13,2	5,9	18,4	4,8	4,9	9,6	4,8	6,7	19,3	100								
			40 [Mpa]	5 [días]	300 x 300 x 320 [mm]	2 [dólar/hora]	1 [kg]			60 [mm/s]	PLA, PTEG										

Anexo II. Descripción de operaciones generales del área de digitalización.

INDUSTRIA CIOTEC	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES GENERALES DEL PROCESO DE MANUFACTURA ADITIVA DE AUTOPARTES		Página: 1 de 3
Sección No: 1			Área: Digitalización
<p>Objetivo: Elaborar y digitalizar sólidos de autopartes en el programa SolidWorks mediante el uso de herramientas de medición manuales y digitales avanzadas para generar un archivo CAD de las piezas seleccionadas.</p> <p>Número de personas y tiempo: Número de personas: 3 Tiempo requerido: 20 días</p> <p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Obtención de medidas. - Medir autopartes físicas con diferentes instrumentos de metrología para la obtención de la información geométrica y su registro de forma clara y organizada. 2. Modelado de piezas. - Crear de modelos 3D de las autopartes en formato digital mediante la información de las medidas obtenidas con la utilización del software de diseño CAD SolidWorks. 3. Ajuste de parámetros. - Realizar las modificaciones necesarias en el software CAD. 4. Creación de planos. – Elaborar planos de las piezas digitalizadas con sus respectivas acotaciones y vistas. 5. Generación de archivo stl. – Exportar el modelo 3D de las autopartes a un archivo de formato stl para la lectura del mismo en el software de segmentación. 6. Control de datos. - Gestionar archivos y datos para organizar toda la información relevante y que está se encuentre en un solo lugar y sea de fácil acceso. 			
Ing. Cesar Ayabaca	Ing. Carlos Obando	Ing. Fernando Otero	
Elaborado/Fecha	Revisión /Fecha	Aprobado/Fecha	Observaciones

Anexo III. Descripción de operaciones generales del área de impresión.

INDUSTRIA CIOTEC	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES GENERALES DEL PROCESO DE MANUFACTURA ADITIVA DE AUTOPARTES		Página: 2 de 3
Sección No: 2			Área: Impresión
<p>Objetivo: Imprimir las autopartes modeladas en el software CAD del sistema eléctrico y accesorios del compartimiento del motor del vehículo HAVAL M4.</p> <p>Número de personas y tiempo: Número de personas: 3 Tiempo requerido: 20 días</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proceso de calibración <ul style="list-style-type: none"> o 2 horas - Proceso de segmentación <ul style="list-style-type: none"> o 30 minutos - Proceso de impresión <ul style="list-style-type: none"> o 1 hora – 2 días <p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definición de parámetros. – Lectura de archivo stl en el software Cura y definición de parámetros de impresión para las distintas autopartes. 2. Segmentación de la pieza. – Simular la impresión de la pieza en el software Cura y controlar los tiempos de impresión. 3. Generación de gcode. – Generar el archivo gcode que contiene todo el conjunto de órdenes y comandos para la impresión de autopartes. 4. Calibración de impresora. – Preparar la maquina imprimir siguiendo los siguientes pasos <ol style="list-style-type: none"> I. Encender la impresora. II. Precalentar la cama y el extrusor para el material de impresión. III. Ingresar la materia prima en el sensor de material y el extrusor. IV. Realizar el autohome. V. Nivelar la cama de impresión 5. Impresión de la pieza. – Ejecutar el archivo gcode en la impresora. 			
Ing. Cesar Ayabaca	Ing. Carlos Obando	Ing. Fernando Otero	
Elaborado/Fecha	Revisión /Fecha	Aprobado/Fecha	Observaciones

Anexo IV. Descripción de operaciones generales del área de postprocesamiento.

INDUSTRIA CIOTEC	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES GENERALES DEL PROCESO DE MANUFACTURA ADITIVA DE AUTOPARTES	Página: 3 de 3
Sección No: 3		Área: Impresión

Objetivo:

Perfeccionar la calidad y funcionalidad de las autopartes impresas en 3D, a través de la aplicación de técnicas de acabado y tratamiento de superficies que permitan eliminar las imperfecciones y defectos generados durante el proceso de impresión y mejorar las propiedades mecánicas, estéticas y funcionales de las piezas impresas.

Número de personas y tiempo:

Número de personas: 3

Tiempo requerido: 3 días

Procedimiento:

Objetivo:

Perfeccionar la calidad y funcionalidad de las autopartes impresas en 3D, a través de la aplicación de técnicas de acabado y tratamiento de superficies que permitan eliminar las imperfecciones y defectos generados durante el proceso de impresión y mejorar las propiedades mecánicas, estéticas y funcionales de las piezas impresas.

Procedimiento:

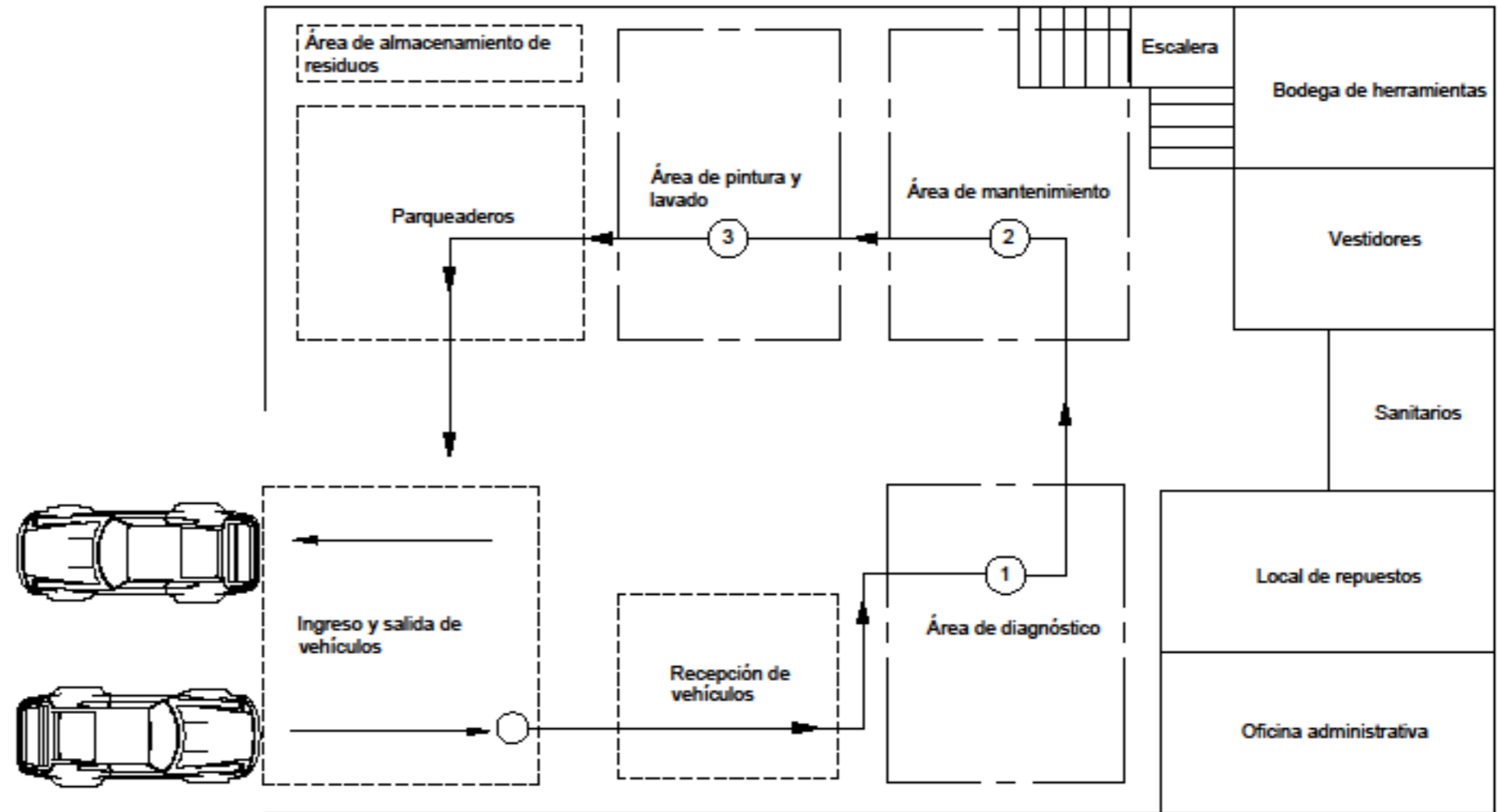
1. Evaluación de la pieza impresa: Realizar una inspección visual y dimensional de las piezas para identificar las imperfecciones, defectos y áreas que requieren acabado.
2. Selección de las técnicas de acabado: En base a las características de las autopartes impresas, seleccionar las técnicas de acabado más adecuadas para mejorar su calidad y funcionalidad. Esto podría incluir técnicas de lijado, pulido, pintura, recubrimiento, entre otras.
3. Preparación de la pieza: Limpiar la superficie de la pieza impresa para eliminar cualquier residuo de soporte o material no deseado y preparar la superficie para aplicar las técnicas de acabado.
4. Aplicación de técnicas de acabado: Aplicar las técnicas de acabado seleccionadas, como el lijado o pulido, para eliminar imperfecciones y mejorar la textura y apariencia de la pieza. También se pueden aplicar técnicas de recubrimiento, como el anodizado, para mejorar la resistencia a la corrosión y la apariencia estética de la pieza.
5. Inspección y validación de la pieza: Realizar una inspección final de la pieza para asegurar que se hayan eliminado todas las imperfecciones y defectos. Además, de que la pieza cumpla con los requisitos de calidad y funcionalidad. En caso de ser necesario, se pueden aplicar técnicas de acabado adicionales para alcanzar los estándares requeridos.
6. Almacenamiento y transporte: Finalmente, almacenar y transportar la pieza terminada de manera adecuada para garantizar su integridad y protegerla durante el envío o el uso posterior.

Ing. Cesar Ayabaca	Ing. Carlos Obando	Ing. Fernando Otero	
Elaborado/Fecha	Revisión /Fecha	Aprobado/Fecha	Observaciones

Anexo V. Layout de la empresa CIOTEC.

Símbolo	Descripción
→	Proceso para el servicio de mantenimiento automotriz
→	Movimiento del vehículo por las áreas de servicio

Símbolo	Descripción
[Dashed Box]	Área de trabajo
[Dashed Box]	Área de libre
[Solid Box]	Oficinas



Área total: 330 [m²]

Descripción de las áreas de trabajo	
No.	Secciones
1	Área de diagnóstico
2	Área de mantenimiento
3	Área de pintura y lavado

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA E.P.N	EMPRESA CIOTEC
PLANEACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	ESCALA: 1:100 DIB: OBANDO CARLOS DIB: OTERO FERNANDO REV: ING. CÉSAR AYABAÇA
DISTRIBUCIÓN POR PROCESO PARA EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ	ESQUEMA No. 1 FECHA: 01-06-2023

Anexo VI. Layout unidad de manufactura.

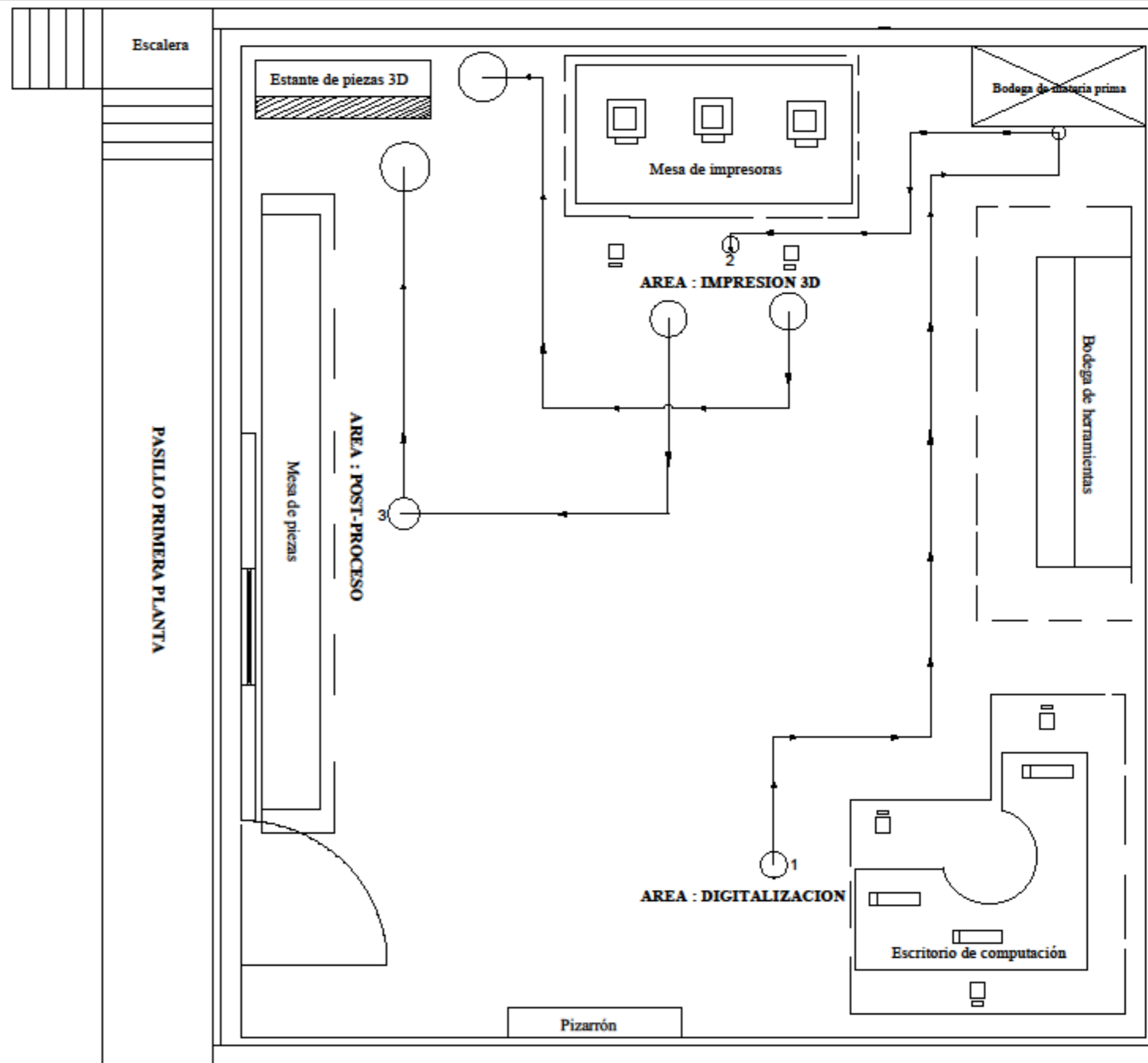
Símbolo	Descripción
	Armario
	Mesa
	Estante

Símbolo	Descripción
	Área de trabajo
	Área libre

Símbolo	Descripción
	Proceso para la manufactura aditiva de autopartes
	Movimiento de materia prima

DESCRIPCION AREA DE TRABAJO	
No.	Área
1	AREA : DIGITALIZACION
2	AREA : IMPRESION 3D
3	AREA : POST-PROCESO

Área requerida: 42.12 [m²]



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA E.P.N

EMPRESA CIOTEC

PLANEACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

ESCALA:
1:30

DIB: OBANDO CARLOS
DIB: OTERO FERNANDO
REV: ING. CÉSAR AYABACA

DISTRIBUCIÓN POR PROCESO PARA LA MANUFACTURA DE AUTOPARTES

ESQUEMA No. 2

FECHA:
01-06-2023

Anexo VII. Análisis de recuperación de la inversión.

	PRIMER AÑO											
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
INGRESOS												
Ventas		\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94
Capital Inicial	\$4000,00											
TOTAL INGRESOS	\$4000,00	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94
EGRESOS												
Equipos para impresión	\$ 899,95											
Equipos y muebles	\$2232,00											
Materia prima	\$ 407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90
Herramientas	\$ 128,00											
Insumos	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00
Remodelación	\$ 350,00											
Energía		\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77
Salarios		\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00
Gastos administrativos		\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00
Impuestos												
TOTAL EGRESOS	\$4066,85	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67
SUPERAVIT/DEFICIT	\$ -66,85	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27
SALDO INICIAL	0	\$ -66,85	\$117,42	\$301,69	\$485,96	\$670,23	\$854,5	\$1038,8	\$1223,00	\$1407,30	\$1591,60	\$1775,90
DISPONIBLE	\$ -66,85	\$117,42	\$301,69	\$485,96	\$670,23	\$854,5	\$1038,8	\$1223,00	\$1407,30	\$1591,60	\$1775,90	\$1960,10

	SEGUNDO AÑO											
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
INGRESOS												
Ventas	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94
Capital Inicial												
TOTAL INGRESOS	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94
EGRESOS												
Equipos para impresión												
Equipos y muebles												
Materia prima	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90
Herramientas												
Insumos	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00
Remodelación												
Energía	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77
Salarios	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00
Gastos administrativos	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00
Impuestos												
TOTAL EGRESOS	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67
SUPERAVIT/DEFICIT	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27
SALDO INICIAL	\$1960,12	\$2144,39	\$2328,66	\$2512,93	\$2697,20	\$2881,47	\$3065,74	\$3250,01	\$3434,28	\$3618,55	\$3802,82	\$3987,09
DISPONIBLE	\$2144,39	\$2328,66	\$2512,93	\$2697,2	\$2881,47	\$3065,74	\$3250,01	\$3434,28	\$3618,55	\$3802,82	\$3987,09	\$4171,36

	TERCER AÑO											
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
INGRESOS												
Ventas	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94
Capital Inicial												
TOTAL INGRESOS	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94
EGRESOS												
Equipos para impresión												
Equipos y muebles												
Materia prima	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90
Herramientas												
Insumos	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00
Remodelación												
Energía	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77
Salarios	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00
Gastos administrativos	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00
Impuestos												
TOTAL EGRESOS	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67
SUPERAVIT/DEFICIT	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27
SALDO INICIAL	\$4171,36	\$4355,63	\$4539,90	\$4724,17	\$4908,44	\$5092,71	\$5276,98	\$5461,25	\$5645,52	\$5829,79	\$6014,06	\$6198,33
DISPONIBLE	\$4355,63	\$4539,90	\$4724,17	\$4908,44	\$5092,71	\$5276,98	\$5461,25	\$5645,52	\$5829,79	\$6014,06	\$6198,33	\$6382,60

	CUARTO AÑO											
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
INGRESOS												
Ventas	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94
Capital Inicial												
TOTAL INGRESOS	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94
EGRESOS												
Equipos para impresión												
Equipos y muebles												
Materia prima	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90
Herramientas												
Insumos	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00
Remodelación												
Energía	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77
Salarios	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00
Gastos administrativos	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00
Impuestos												
TOTAL EGRESOS	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67
SUPERAVIT/DEFICIT	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27
SALDO INICIAL	\$6382,60	\$6566,87	\$6751,14	\$6935,41	\$7119,68	\$7303,95	\$7488,22	\$7672,49	\$7856,76	\$8041,03	\$8225,3	\$8409,57
DISPONIBLE	\$6566,87	\$6751,14	\$6935,41	\$7119,68	\$7303,95	\$7488,22	\$7672,49	\$7856,76	\$8041,03	\$8225,30	\$8409,57	\$8593,84

	QUINTO AÑO											
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
INGRESOS												
Ventas	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94
Capital Inicial												
TOTAL INGRESOS	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94	\$1217,94
EGRESOS												
Equipos para impresión												
Equipos y muebles												
Materia prima	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90	\$407,90
Herramientas												
Insumos	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00	\$ 49,00
Remodelación												
Energía	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77	\$ 24,77
Salarios	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00
Gastos administrativos	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00
Impuestos												
TOTAL EGRESOS	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67	\$1033,67
SUPERAVIT/DEFICIT	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27	\$184,27
SALDO INICIAL	\$8593,84	\$8778,11	\$8962,38	\$9146,65	\$9330,92	\$9515,19	\$9699,46	\$9883,73	\$10068,00	\$10252,27	\$10436,54	\$10620,81
DISPONIBLE	\$8778,11	\$8962,38	\$9146,65	\$9330,92	\$9515,19	\$9699,46	\$9883,73	\$10068,00	\$10252,27	\$10436,54	\$10620,81	\$10805,08

