

Diseño de un sistema de costos para la producción de impresos 3D bajo la tecnología de modelado por deposición fundida.

Caso estudio: Laboratorio de la Universidad del Valle sede Cartago

Juan Sebastián Sánchez González & Diana Patricia Valencia Diaz

Facultad ciencias de la administración, Universidad del Valle

Seccional Cartago

Notas de los autores

Diana Patricia Valencia Diaz, Facultad ciencias de la administración - Juan Sebastian Sanchez Gonzalez, Facultad ciencias de la administración, Universidad del Valle, Cartago.

Este trabajo fue realizado con el apoyo de la Universidad del Valle y el asesoramiento del Magister en Contabilidad, Ingeniero Industrial y Contador Público, Luis Eduardo Malagón Vélez

Cualquier mensaje con respecto a este trabajo debe ser enviado a los siguientes correos:

diana.patricia.valencia@correounivalle.edu.co juan.sanchez.g@correounivalle.edu.co

Acta de aprobación

Este trabajo de grado cumple con los criterios exigidos por la Universidad del Valle, para optar por el título de Contador Público.

Firma director

Firma jurado

Firma jurado

Cartago, Valle del Cauca, 25 de julio de 2025

Agradecimientos

Principalmente agradecemos a Dios por ofrecernos el tiempo, la vida y las herramientas para culminar este trabajo; a nuestros padres que con esfuerzo, amor y energía nos brindaron su apoyo incondicional para sobrellevar cada obstáculo mental por el que muchos no pueden pasar, a nuestros asesores que aportaron el conocimiento necesario y tiempo para guiarnos en este camino hacia la superación de nuestras metas como nuevos contadores.

Por último, agradecemos tanto a las personas que hicieron parte de este trabajo ya sea directa o indirectamente, con su experiencia y conocimiento como a la Universidad del Valle por darnos la oportunidad de desarrollar las aptitudes para la construcción de esta tesina.

Diana Patricia Valencia Diaz y Juan Sebastian Sanchez Gonzalez





Contenido

Resumen.....	13
Abstract	14
Introducción	15
Capítulo 1 Aspectos Fundamentales del Problema de Investigación	18
Descripción del Problema	18
Caracterización del Problema de Investigación	22
Formulación del Problema de Investigación.....	25
Alcance de la Investigación	25
Sistematización del Problema	26
Objetivos de la Investigación.....	26
Objetivo General	26
Objetivos Específicos.....	26
Justificación	27
Justificación Práctica	27
Justificación Metodológica	28
Justificación Teórica	29
Capítulo 2 Marco de referencia.....	30
Marco teórico	30
Paradigma	30
Teoría general de los sistemas	33
Administración de procesos.....	33
Elementos fundamentales de la teoría de costos.....	35
Sistema de Costos	38
Marco de Antecedentes.....	41
Marco Conceptual	47
Impresión 3D	47
Prototipo.....	48
Modelado 3D	48
Diagrama de flujo	49
Marco Contextual.....	52

Competidores	54
Marco Legal	55
Capítulo 3 Diseño de Investigación	56
Tipo de investigación.....	56
Diseño y métodos de investigación.....	56
Enfoque de investigación.....	57
Alcance de la investigación	58
Sector objeto de estudio.....	58
Según finalidad	58
Según el alcance temporal	58
Según el carácter de la medida.....	58
Según el marco en que tienen lugar	59
Según la dimensión temporal.....	59
Según la orientación que asume.....	59
Fuentes de investigación	60
Técnicas e instrumentos de investigación.....	61
Fases de investigación.....	62
Capítulo 4 Principales aspectos de la línea de producción de impresos 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago.....	64
Aspectos técnicos de la tecnología de impresión 3D.....	64
Tipos de impresión 3D.....	64
Componentes de las impresoras 3D	66
Impresoras 3D disponibles en la Universidad del Valle seccional Cartago	67
Análisis General de proceso productivo de impresión 3D.....	69
Fase de Diseño	69
Fase de Producción	71
Fase de Control de Calidad y Acabados	71
Conclusión Del Proceso.....	72
Seguimiento del proceso productivo en el Laboratorio de la Universidad del Valle Seccional Cartago	72
Fase de diseño en el laboratorio.....	72

Fase de Producción del laboratorio	75
Fase de control de calidad en el laboratorio.....	78
Portafolio de productos de la Universidad del Valle Seccional Cartago	79
Conclusión del objetivo específico 1	83
Capítulo 5 Insumos y elementos del costo para la producción de impresos en 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Cartago.....	85
Materiales directos en la impresión 3D bajo tecnología FDM	85
Clasificación y características de materiales directos	85
Análisis de consumo y rendimiento de materiales.....	87
Primer elemento: Material de impresión 3D Filamento PLA.....	88
Desperdicios y mermas en el proceso productivo.....	89
Metodología para el cálculo del costo de material directo	89
Variables clave que determinan los costos en la impresión 3D	90
Geometría y características del modelo	90
Volumen y densidad	90
Procesos complementarios.....	91
Postprocesamiento	91
Análisis detallado de costos de mano de obra en impresión 3D.....	92
Factores operativos y laborales.....	92
Caracterización de la mano de obra en procesos de fabricación aditiva.....	93
Categorización de actividades laborales en el proceso de impresión 3D	94
Costos de preparación y configuración.....	95
Costos de supervisión durante la producción.....	95
Costos de acabado y postprocesamiento	96
Implementación en el sistema de costeo por órdenes	97
Caracterización de costos indirectos en fabricación aditiva	98
Componentes principales de costos indirectos	98
Metodología para la asignación de costos indirectos.....	100
Implementación mediante tasas predeterminadas.....	102
Sistema de costos por órdenes de trabajo para impresión 3D.....	102
Fundamentos conceptuales y aplicación práctica	102

Componentes operativos del sistema	103
Estructura de la hoja de costos.....	104
Método de cálculo del costo unitario	104
Elementos característicos del costeo por órdenes de producción	107
Margen de contribución: fundamento para la sostenibilidad económica.....	108
Punto de equilibrio multiproducto: adaptación a la diversidad productiva	109
Conclusión del objetivo específico 2	110
Capítulo 6 Relación de un sistema de costos pertinente para la línea de producción de impresos en 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago	112
Selección del sistema de costeo basado en principio costo-beneficio	112
Caracterización operativa de la línea de impresión 3D	113
Componentes estructurales del sistema de costos propuesto	113
Elementos del costo identificados.....	113
Consideraciones sobre el manejo de la mano de obra como costo fijo	114
Componentes estructurales del sistema de costos propuesto	115
Formación académica y conocimientos técnicos	116
Consideraciones sobre las Costos Indirectos de Producción en este caso de estudio.	117
Documentación y formatos para implementación del sistema	118
Propuesta de aplicación del método de costo por órdenes de producción.	118
Modelo de punto de equilibrio multiproducto aplicado.....	122
Determinación del margen de contribución	122
Conclusiones del objetivo específico 3	126
Conclusiones	127
Recomendaciones	130
Referencias.....	132

Índice de Tablas

Tabla 1 Antecedente Local	42
Tabla 2 Antecedente Internacional	43
Tabla 3 Antecedente Internacional	44
Tabla 4 Antecedente Nacional	45
Tabla 5 Antecedente Internacional	46
Tabla 6 Fuentes de investigación.....	61
Tabla 7 Técnicas e instrumentos de investigación.....	62
Tabla 8 Clasificación y características de materiales directos en impresión 3D	87
Tabla 9 Relación y características principales materiales usados para la impresión 3D	88
Tabla 10 Tabla de estimación de costos de diseño	94
Tabla 11 Escala de nivel de complejidad del diseño	101
Tabla 12 Materias primas.....	115
Tabla 13 Procedimiento de cálculo del costo de la mano de obra directa tomada como coste fijo	115
Tabla 14 Tiempo de intervención directa del operario en el proceso	116
Tabla 15 Cálculo de los gastos fijos indirectos.....	118
Tabla 16 Control de costos de mano de obra.....	121
Tabla 17 Elementos base para la determinación del margen de contribución.....	122
Tabla 18 Proyección de un caso hipotético.....	124
Tabla 19 Costos fijos	124
Tabla 20 Punto de equilibrio.....	125
Tabla 21 Unidades a vender.....	125
Tabla 22 Estado de resultados.....	125

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Marco legal.....	55
Cuadro 2 Control de costos indirectos fijos	122

Índice de Figuras

Figura 1 Impresoras 3D – Área de producción Univalle Cartago	20
Figura 2 Manos Conmemorativas con logo de la Universidad del Valle	21
Figura 3 Árbol de problemas	24
Figura 4 Taxonomía de la investigación contable	32
Figura 5 Diagrama de los diferentes tipos de la selección de procesos	34
Figura 6 Características principales de los sistemas de costos	40
Figura 7 Significado de los elementos para la elaboración de diagramas de flujo.	51
Figura 8 Mapa de Cartago, Valle del Cauca	52
Figura 9 Impresoras 3D usadas en el laboratorio.....	53
Figura 10 Productos souvenir de la Universidad del Valle Seccional Cartago	53
Figura 11 Ubicaciones competidores.....	54
Figura 12 Modelos de impresión 3D por fotopolimerización (1), Fusión de lechos de polvo (2) ..	65
Figura 13 Modelado por Deposición Fundida	65
Figura 14 Esquema del funcionamiento de la técnica de modelado por deposición fundida	66
Figura 15 Ender 5 Plus.....	67
Figura 16 Ender 5 Pro	68
Figura 17 Anycubic Chiron	68
Figura 18 Proceso productivo en la línea de impresos 3D.....	70
Figura 19 Interface del Software Blender	73
Figura 20 Modelo 3D en formato STL	74
Figura 21 Interface del Software Ultimaker Cura.....	75
Figura 22 Esquema de una impresora 3D con sus Ejes	76
Figura 23 Tabla comparativa de los diferentes filamentos	77
Figura 24 Manos conmemorativas.....	79
Figura 25 Logo Universidad del Valle.....	80
Figura 26 Manos Conmemorativas Con Logo.....	80
Figura 27 Logo Alta Gerencia	81
Figura 28 Llaverio Universidad del Valle.....	81
Figura 29 Modelo de pieza impresa de llaverio Universidad del Valle.....	82
Figura 30 Llaverio Universidad del Valle, modelo blanco, negro y rojo	82

Figura 31 Letrero "Yo Amo Univalle"	83
Figura 32 Formato de registro de tiempo por orden de producción	97
Figura 33 Elementos del costo.....	105
Figura 34 Cálculo costo unitario de producción.....	105
Figura 35 Esquema general "Sumatoria de los tres elementos del costo de producción"	107
Figura 36 Formato orden de producción.....	119
Figura 37 Formato requisición de materiales.....	120

Índice de Apéndice

Apéndice 1 Formulario de creación de un nuevo producto	136
Apéndice 2 Reporte de órdenes de producción.....	136
Apéndice 3 Reporte de costos de materias primas.....	137
Apéndice 4 Reporte de consumo de materia prima	137

Resumen

La presente investigación tiene como propósito establecer una estructura contable para el registro y control de los costos de producción en un entorno de manufactura aditiva, específicamente en el laboratorio de impresión 3D de la Universidad del Valle, sede Cartago. Dado que se trata de un contexto de producción por encargo, se optó por el sistema de costos por órdenes de producción, por su capacidad para identificar, acumular y controlar los costos asociados a cada pedido de forma individualizada. Se adopta un enfoque cualitativo, con método inductivo y tipo de investigación descriptivo, que permite comprender las dinámicas internas del proceso productivo sin imponer hipótesis previas. La recolección de información se basó en observación directa, revisión documental y entrevistas semiestructuradas a los responsables del laboratorio. El estudio se enmarca exclusivamente en la contabilidad de gestión, sin abordar aspectos propios del mercadeo, la sostenibilidad financiera o la proyección comercial del servicio. Se construye una propuesta de estructura contable adaptada a las características particulares de la producción 3D, considerando elementos como materia prima, mano de obra, costos indirectos y la trazabilidad por orden de trabajo. Los resultados permiten evidenciar la aplicabilidad del sistema por órdenes de producción en contextos académicos de innovación tecnológica, y ofrecen una herramienta contable funcional que puede ser utilizada como insumo para la toma de decisiones operativas al interior del laboratorio.

Palabras clave: sistema de costo, costeo por órdenes de producción, impresión 3d, Tecnología FDM, margen de contribución, sistema de costos.

Abstract

The purpose of this research is to establish an accounting structure for the recording and control of production costs in an additive manufacturing environment, specifically in the 3D printing laboratory of the University of Valle, Cartago campus. Given that this involves a made-to-order production context, the job order costing system was chosen for its ability to identify, accumulate, and control costs associated with each order on an individualized basis. A qualitative approach is adopted, with an inductive method and descriptive research type, which allows for understanding the internal dynamics of the production process without imposing prior hypotheses. Information collection was based on direct observation, document review, and semi-structured interviews with laboratory personnel. The study is framed exclusively within management accounting, without addressing aspects related to marketing, financial sustainability, or commercial projection of the service. An accounting structure proposal is constructed, adapted to the particular characteristics of 3D production, considering elements such as raw materials, labor, indirect costs, and traceability by work order. The results demonstrate the applicability of the job order system in academic contexts of technological innovation and offer a functional accounting tool that can be used as input for operational decision-making within the laboratory.

Keywords: cost system, job order costing, 3D printing, FDM technology, contribution margin, cost accounting system.

Introducción

La gestión de costos constituye un componente esencial para la sostenibilidad de cualquier unidad productiva. En el caso de la línea de impresión 3D con tecnología FDM de la institución, se identificó la ausencia de un sistema de costos formal, lo cual hizo necesario contextualizar el proceso productivo para conocer de primera mano su funcionamiento y estructura.

La producción de impresos en 3D mediante tecnología de modelado por deposición fundida ha venido consolidándose como una alternativa de manufactura con creciente relevancia en entornos académicos y experimentales. En el caso particular del laboratorio de impresión 3D de la Universidad del Valle, sede Cartago, esta práctica ha sido implementada con fines formativos, permitiendo a los estudiantes desarrollar habilidades de diseño, modelado y experimentación tecnológica. Sin embargo, aunque se trata de una actividad no concebida con fines comerciales ni orientada a la obtención de rentabilidad, su naturaleza productiva plantea interrogantes fundamentales desde el campo de la contabilidad de gestión, especialmente en lo que respecta al análisis, medición y control de costos.

A pesar del potencial formativo y técnico que encierra este tipo de procesos, la literatura especializada revela una ausencia significativa de estudios contables orientados a comprender cómo se estructura y opera internamente una unidad de producción basada en impresión 3D. Esta carencia impide el desarrollo de herramientas de análisis que faciliten el entendimiento integral del proceso desde una perspectiva contable, particularmente en lo concerniente a la identificación de los elementos del costo, su clasificación, medición y comportamiento en cada etapa del flujo productivo.

En este contexto, la contaduría pública enfrenta el desafío de adaptar y aplicar sus marcos teóricos tradicionales a fenómenos emergentes como la manufactura digital. El hecho de que estos procesos no hayan sido aún descompuestos desde el enfoque analítico propio de la teoría de costos representa un vacío de conocimiento que dificulta su incorporación en estructuras sistemáticas de medición y control contable. Por tanto, se requiere una aproximación metodológica que permita establecer los fundamentos para un sistema de costos aplicable a esta tecnología, que, aunque no persiga fines comerciales, sí contribuya al fortalecimiento de la contabilidad como disciplina académica y profesional.

El problema de investigación surge precisamente de la necesidad de construir conocimiento contable sobre un proceso productivo contemporáneo, hasta ahora poco explorado, en un contexto

educativo donde la práctica debe ser entendida, documentada y analizada rigurosamente. La pregunta central que orienta este estudio es: ¿Cómo puede estructurarse un sistema de costos que permita comprender e intervenir contablemente el proceso de impresión 3D por modelado por deposición fundida, cuando este no se orienta a la obtención de beneficios económicos, sino al desarrollo académico y formativo?

Este reto fue abordado desde el ámbito académico, apoyándose en los fundamentos históricos, conceptuales y procedimentales propios de la disciplina contable, y guiados por el criterio de costo-beneficio como principio rector de análisis. El desarrollo de la investigación se estructura en seis capítulos, organizados de manera secuencial y conforme a los lineamientos académicos de la Universidad del Valle.

El primer capítulo presenta los aspectos fundamentales del problema de investigación, donde se establece el planteamiento, descripción y caracterización del problema, así como su formulación específica. Adicionalmente, se define el alcance de la investigación, la sistematización del problema, los objetivos tanto general como específicos, y se desarrolla la justificación práctica, metodológica y teórica del estudio.

El segundo capítulo desarrolla el marco de referencia, integrado por el marco teórico que abarca desde el paradigma y la teoría general de sistemas hasta los elementos fundamentales de la teoría de costos; el marco de antecedentes que contextualiza estudios previos; el marco conceptual que define términos clave como impresión 3D, prototipo y modelado 3D; el marco contextual que sitúa el estudio en su entorno específico; y el marco legal que establece las bases normativas aplicables.

El tercer capítulo corresponde al diseño de investigación, donde se especifica el tipo, métodos y enfoque de investigación adoptados, se delimita el alcance según múltiples criterios (finalidad, alcance temporal, carácter de medida, marco de desarrollo, dimensión temporal y orientación), se identifican las fuentes de investigación, y se describen las técnicas, instrumentos y fases metodológicas empleadas.

Los capítulos cuarto, quinto y sexto constituyen el núcleo de los hallazgos de la investigación. El cuarto capítulo analiza los principales aspectos de la línea de producción de impresos 3D en el caso de estudio, incluyendo los aspectos técnicos de la tecnología, el análisis general del proceso productivo, el seguimiento específico en el laboratorio de la Universidad del Valle Seccional Cartago, y la caracterización del portafolio de productos. El quinto capítulo

identifica y caracteriza los insumos y elementos del costo para la producción de impresos 3D, abordando de manera detallada los materiales directos, la mano de obra, los costos indirectos de fabricación, y la estructuración del sistema de costos por órdenes de trabajo. Finalmente, el sexto capítulo presenta la propuesta de un sistema de costos pertinente para la línea de producción, fundamentado en el principio costo-beneficio, incluyendo la documentación necesaria para su implementación y la aplicación de modelos de análisis como el punto de equilibrio multiproducto.

El trabajo concluye con un análisis crítico de los resultados obtenidos y la presentación de recomendaciones orientadas a la aplicación práctica del sistema propuesto.

Capítulo 1 Aspectos Fundamentales del Problema de Investigación

A continuación, se procede a describir el problema, caracterizarlo debidamente, para así formular la pregunta que guiará el sentido de la investigación y de la cual se desprende el objetivo general y los objetivos específicos que se buscan responder en el presente trabajo de investigación.

Descripción del Problema

La tecnología de impresión 3D ha experimentado décadas de evolución y mejoramiento continuo. Se configura una tecnología que permite crear o fabricar piezas físicas a partir de un diseño digital, y que contiene aspectos de volumen, que comprende tres dimensiones, es decir, altura, ancho y profundidad, de allí su definición impresiones 3D. Una versión de estas, es el modelado por deposición fundida (FDM) que consiste en la deposición de material plástico fundido en capas superpuestas sobre una placa, generando gradualmente el diseño de un objeto sólido.

Una definición clave es la expresada por Telich-Tarriba et al. (2020) “La impresión en tres dimensiones (3D), también conocida como manufactura aditiva, es una tecnología que permite construir modelos físicos diseñados por computadora, un hecho que hasta hace unos años parecía imposible.” (p. 2).

De acuerdo con Telich-Tarriba et al. (2020)

“Esta tecnología fue introducida por Charles W. Hull al campo industrial desde los años ochenta, pero en la última década sus costos se han reducido, en gran parte gracias al vencimiento de múltiples patentes, y por tanto se ha vuelto accesible para la población general.” (p. 2).

Esta innovadora técnica destaca por su extraordinaria versatilidad, permitiendo fabricar una amplia gama de objetos con diversos propósitos y un alto nivel de personalización. Dicha característica la convierte en una herramienta con alto nivel de potencialidad para el desarrollo de prototipos destinados a la producción industrial a gran escala.

La globalización de esta tecnología ha permitido que empresas de cualquier dimensión puedan incorporarla a sus procesos productivos, incrementando su competitividad, optimizando parte de sus operaciones de manufactura.

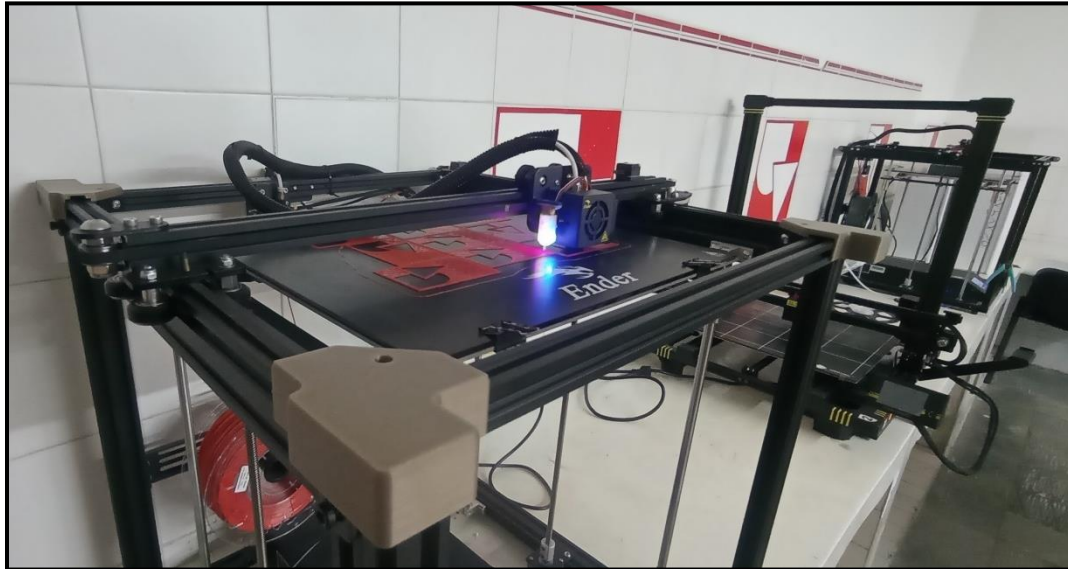
La importancia de la impresión 3D como un avance en la tecnología radica principalmente en el hecho de poder fabricar piezas personalizadas, con medidas exactas a las que se desean, poseer diferentes campos de aplicabilidad en el caso de la construcción poder fabricar casas, en la ingeniería poder imprimir y replicar partes de automotores y demás estructuras o piezas de manera eficiente o inclusive en la medicina poder desarrollar y mejorar tejidos biológicos, órganos y diferentes prótesis para pacientes con la ingeniería tisular, definido por Gómez de Ferraris y Campos (2009), como "La construcción de tejidos biológicos artificiales y su utilización terapéutica, para restaurar, sustituir o incrementar las actividades funcionales de los propios tejidos orgánicos, es a lo que desde hace apenas veinte años se denomina ingeniería tisular" (p. 28).

En la ciudad de Cartago Valle existen oferentes de la impresión en 3D; como lo son Wintronic 3D, 3DFactory Colombia, entre otros más, destacando estos como un ejemplo de oferta y demanda de este servicio, siendo este un claro modelo de innovación, aplicabilidad de tecnología y apropiación como negocio en dicho municipio.

La Universidad del Valle, Seccional Cartago Campus del Rosario, dentro de su enfoque misional institucional ofrece los programas de pregrado de Tecnología e Ingeniería Electrónica, los cuales, dentro de sus procesos académicos cuentan con un Laboratorio de Electrónica que dispone de impresoras 3D, las cuales han facilitado el desarrollo de productos especiales personalizados.

Figura 1

Impresoras 3D – Área de producción Univalle Cartago



Fuente. Elaboración propia.

De otro lado, la Universidad cuenta con una tienda de souvenirs en la cual ofrece a la comunidad universitaria productos de marca Univalle como, por ejemplo; camisetas, gorras, marcadores, vasos, entre otros, y articulándose a la posibilidad de producir IMPRESOS 3D, relacionados con su marca institucional, emerge la oportunidad de un negocio productivo, por su alto nivel de innovación. Además, se potencializa la producción de piezas relacionadas a los eventos institucionales conmemorativos, teniendo en cuenta que la universidad del Valle cuenta aproximadamente con 80 años de existencia y el sistema de regionalización 40 años, por su parte la regional Cartago Campus del Rosario, tiene una existencia de 34 años (Universidad del Valle, s.f.).

La Universidad Campus del Rosario, actualmente, posee tres activos de impresión en 3D que se encuentran en funcionamiento para la creación de piezas exclusivas alusivas a la comunidad universitaria. Este al ser una unidad productiva emergente, carece de datos detallados sobre su proceso productivo y desconoce con precisión los costos asociados al diseño y fabricación de sus productos.

Figura 2

Manos Conmemorativas con logo de la Universidad del Valle



Fuente. Elaboración propia.

Con base a lo anterior y tomado como referente la parte de los costos se debe tener claridad que los costos según, Cuervo y Osorio (2006) se definen como:

“Son los esfuerzos económicos orientados a la producción o comercialización de bienes o a la prestación de los servicios. Los costos se inventarían sólo en las empresas que fabrican bienes físicos. Por ejemplo: materias primas, nómina de los trabajadores, depreciación de las máquinas, servicios públicos de la fábrica, entre otros.” (p. 10).

En general los costos son definidos como la representación cuantitativa de los procesos de producción de un producto o prestación de un servicio, usados para la gestión de los recursos tanto financieros como materiales de la compañía.

Un conocimiento más claro y profundo sobre los costos y su gestión permite un seguimiento efectivo y una recolección de información precisa. Esto fomenta el reconocimiento detallado de las actividades que se desarrollan en una compañía, facilitando la detección y prevención de posibles errores. Asimismo, contribuye a optimizar procesos que fortalecen la estructura de costos, lo que resulta fundamental para una mejor toma de decisiones y para impulsar la innovación cuando sea necesario.

Tras analizar y definir los conceptos fundamentales sobre la impresión 3D o modelado por deposición fundida y de costos, se identifica la relevancia y necesidad de incorporar un sistema o modelo de costos en cualquier negocio de venta de bienes y servicios; en este caso para personas naturales o empresas que fomenten el modelo de negocio de impresos en 3D, ya que este permite la organización, el reconocimiento de los costos de producción, establecer precios, control de gastos, buena gestión y optimización de los recursos, toma de decisiones, control financiero y demás variantes de control que faciliten un eficiente y correcto manejo de las actividades de una compañía.

Caracterización del Problema de Investigación

La producción de impresos en 3D mediante tecnología de modelado por deposición fundida (FDM) se ha consolidado como una alternativa de manufactura con creciente relevancia en entornos académicos, experimentales y de prototipado. En el caso particular del laboratorio de impresión 3D de la Universidad del Valle, sede Cartago, esta tecnología ha sido implementada con fines formativos, permitiendo a los estudiantes integrar conocimientos de diseño, modelado y experimentación tecnológica.

No obstante, a pesar de que se trata de una actividad no concebida con fines comerciales ni orientada a la rentabilidad, su carácter productivo plantea interrogantes sustantivos desde el campo de la contabilidad de gestión, especialmente en lo relativo al análisis, medición y control de costos en contextos no empresariales. Como lo señalan autores como Horngren & Kaplan (1987) la contabilidad de gestión no se limita a organizaciones con fines de lucro, sino que se orienta a proveer información útil para la toma de decisiones internas en cualquier tipo de organización que despliegue actividades productivas o de transformación.

A pesar del valor formativo y técnico que encierra este tipo de procesos, la literatura especializada muestra una escasa exploración contable de escenarios productivos vinculados a la impresión 3D, especialmente cuando se desarrollan en entornos educativos o institucionales. Esta carencia impide el desarrollo de herramientas analíticas que faciliten la comprensión integral del proceso desde una perspectiva contable, particularmente en lo concerniente a la identificación de los elementos del costo, su clasificación, su medición, y su comportamiento dentro del flujo productivo. Como plantea Kaplan (1990), uno de los propósitos centrales de la contabilidad de

gestión es precisamente adaptarse a la complejidad cambiante de los procesos productivos modernos, lo cual la obliga a evolucionar en función de nuevas tecnologías y formas de organización del trabajo.

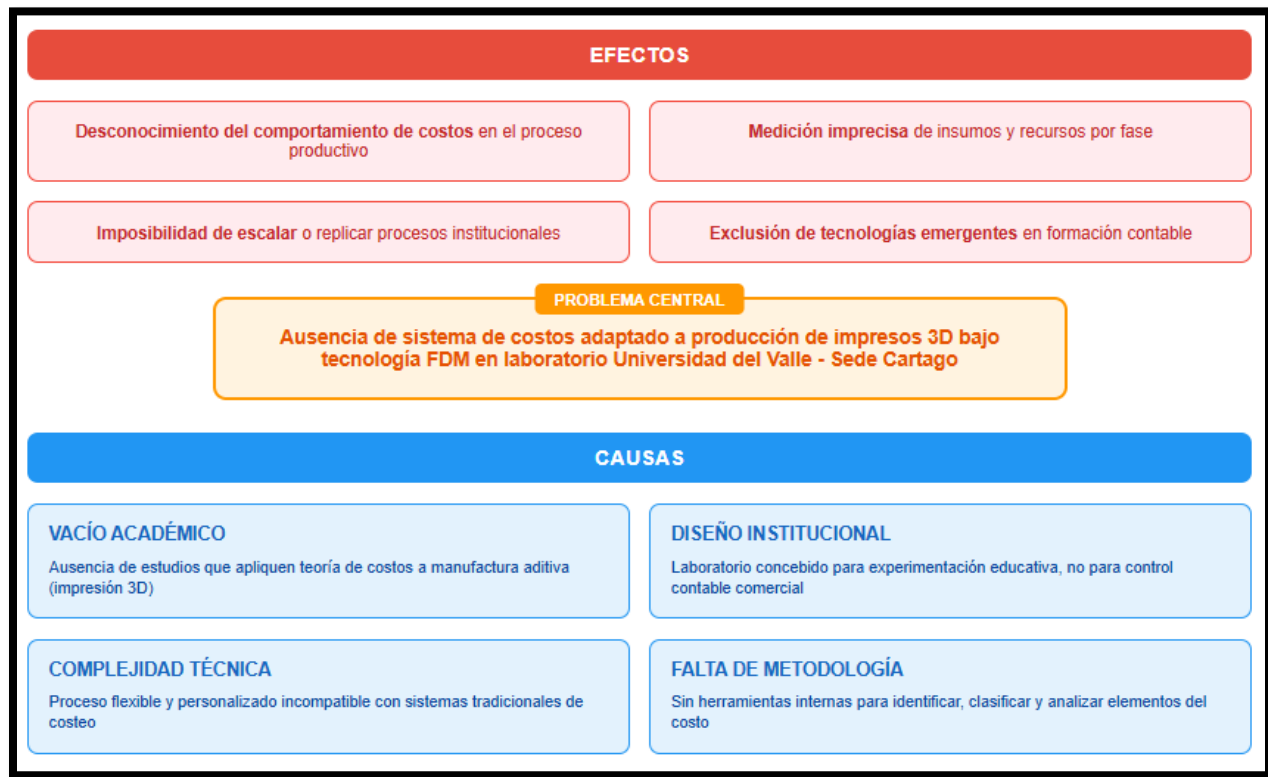
En este sentido, la contaduría pública enfrenta el desafío de adaptar sus marcos teóricos tradicionales a fenómenos emergentes como la manufactura digital aditiva. La ausencia de estudios que aborden estos procesos desde el enfoque analítico de la teoría de costos representa un vacío que limita su incorporación en estructuras sistemáticas de medición y control contable, fundamentales tanto para la formación académica como para el desarrollo disciplinar.

Por ello, se hace necesaria una aproximación metodológica que permita establecer los fundamentos para un sistema de costos aplicable a esta tecnología, que si bien no persigue fines lucrativos, sí puede aportar significativamente al fortalecimiento del pensamiento contable en contextos de innovación tecnológica. Como afirman Jhonson y Kaplan (1987), la contabilidad de gestión cobra sentido cuando logra articular la información con el proceso de toma de decisiones, aún en entornos no convencionales.

Para concretar los elementos de investigación, a través de la herramienta del árbol de problemas, se puede partir de la revisión del contexto institucional, del vacío teórico identificado y del análisis del proceso productivo en el laboratorio de impresión 3D de la Universidad del Valle, sede Cartago, se identificó un problema central: la ausencia de un sistema de costos adaptado a la producción de impresos 3D bajo la tecnología de modelado por deposición fundida. Este problema afecta la comprensión, medición y gestión contable del proceso, limitando su aprovechamiento académico y su replicabilidad como experiencia formativa e investigativa.

Figura 3

Árbol de problemas



Fuente. Elaboración propia con apoyo de Claude IA.

Este problema tiene como causas principales, en primer lugar, la falta de estudios previos que apliquen la teoría de costos a tecnologías de manufactura aditiva como la impresión 3D, lo que representa un vacío en la literatura especializada. En segundo lugar, se encuentra el hecho de que el laboratorio no fue concebido con fines comerciales ni contables, sino como un espacio educativo de experimentación, lo cual ha impedido hasta ahora el diseño de herramientas de control contable. En tercer lugar, se reconoce que la naturaleza misma del proceso de impresión 3D —por su flexibilidad, personalización y flujo de trabajo no lineal— dificulta la aplicación directa de sistemas tradicionales de costeo, como el costeo por procesos o el costeo por órdenes de producción. Finalmente, la ausencia de una metodología interna para la identificación, clasificación y análisis de los elementos del costo ha impedido el desarrollo de una estructura que permita analizar este proceso de forma sistemática.

Como consecuencia, se presentan diversas dificultades: la imposibilidad de comprender el comportamiento de los costos a lo largo del proceso productivo, así como la falta de precisión en la medición de insumos y recursos utilizados en cada fase. Esta falta de claridad limita las posibilidades de mejorar, escalar o replicar el proceso dentro de la institución, afectando su sostenibilidad académica. Además, la carencia de instrumentos contables apropiados impide integrar plenamente este tipo de producción emergente en la formación contable, lo cual representa una oportunidad desaprovechada para la innovación en la enseñanza de la contabilidad de gestión.

Por tanto, este árbol de problema permite visualizar de manera estructurada los elementos que justifican la necesidad de diseñar una propuesta metodológica de sistema de costos ajustada al contexto de la impresión 3D en entornos educativos.

Formulación del Problema de Investigación

¿Cómo pueden establecerse las bases de un sistema de costos pertinente para la producción de impresos 3D mediante modelado por deposición fundida, en el contexto del laboratorio universitario de la Universidad del Valle sede Cartago?

Alcance de la Investigación

Cuando se habla de la delimitación o del alcance en una investigación, Bernal (2010) se refiere a la dimensión o cobertura que esta tendrá en cuanto al espacio geográfico, el período de tiempo y el perfil sociodemográfico del objeto de estudio (p. 109).

Teniendo en cuenta lo anterior, la delimitación del problema en esta investigación se ubica en la Universidad del Valle, Seccional Cartago, Campus Rosario, específicamente en el laboratorio de impresoras 3D, durante el periodo 2023–2024, bajo la modalidad de monografía aplicada.

La presente investigación tiene como propósito la recopilación de información relevante desde el ámbito contable, orientada a la selección y formulación de un sistema de costos que se adecúe a los requerimientos de la producción de impresos en 3D. Este ejercicio se enmarca dentro de la contabilidad de gestión, que no contempla análisis de viabilidad financiera ni proyecciones comerciales, sino que se limita a la estructuración técnica del tratamiento contable de los costos involucrados en el proceso productivo.

Sistematización del Problema

¿Qué aspectos integran la línea de producción de impresos 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago?

¿Qué insumos y elementos del costo son utilizados en la producción de impresos en 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago?

¿Cuál relación de un sistema de costos pertinente para la línea de producción de impresos en 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Proponer las bases de un sistema de costos para la producción de impresos 3D bajo la tecnología de modelado por deposición fundida en el caso de estudio Universidad del Valle Seccional Cartago.

Objetivos Específicos

1. Identificar los principales aspectos que integra una línea de producción de impresos 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago.
2. Establecer los insumos y elementos del costo que son utilizados en la producción de impresos en 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Cartago.
3. Relacionar un sistema de costos pertinente para la línea de producción de impresos en 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago.

Justificación

Entendiéndose de acuerdo a Botta (2002) “La monografía es el tratamiento por escrito de un tema específico estudiado e investigado.” (p. 19), la importancia de este trabajo como monografía aplicada para los impresos en 3D, se forja mediante identificar, proponer y conocer un sistema de costos apropiado para dicha línea de producción. En este sentido se justifica este proyecto en lo siguiente:

Justificación Práctica

Los sistemas de costos, tanto en empresas públicas como privadas, de manufactura, servicios o comerciales, cumplen un papel fundamental en la gestión contable al momento de calcular, medir y analizar los tres elementos clásicos del costo: materia prima, mano de obra y costos indirectos de fabricación. Estos permiten establecer precios adecuados y evaluar la eficiencia del proceso productivo, aspectos claves en cualquier unidad que transforme insumos en productos, incluso cuando no tiene un enfoque comercial tradicional.

En ese sentido, esta investigación cobra relevancia práctica al aplicarse en el laboratorio de impresión 3D de la Universidad del Valle, sede Cartago, donde se desarrolla una actividad productiva real que involucra materiales, equipos y procesos de transformación. Si bien este contexto no corresponde a una empresa con fines de lucro, sí requiere herramientas contables claras para gestionar adecuadamente los recursos empleados. La propuesta busca identificar un sistema de costos acorde con la producción de objetos en 3D, considerando su alto nivel de personalización y bajo volumen, características propias de un modelo de fabricación bajo demanda.

Según lo anterior, y teniendo en cuenta que las características propias de la impresión 3D se realizan mediante una producción con un alto grado de personalización y bajos niveles de fabricación, se debe considerar a detalle el sistema de costos que cumpla con esta propiedad.

Considerando el aspecto de personalización y según Krajewski y Ritzman (2000).

“Se entiende que el conjunto de la selección de procesos, un proceso de proyecto se localiza en el extremo correspondiente a la alta personalización y el bajo volumen. La secuencia de operaciones y el proceso incluido en cada una de ellas son únicos para cada proyecto, lo

cual se traduce en productos o servicios únicos en su clase, elaborados específicamente sobre el pedido del cliente.” (p. 91).

Este trabajo permite dejar una base contable técnica que pueda ser replicada o adaptada en futuras investigaciones, trabajos académicos o iniciativas productivas similares, tanto dentro como fuera de la institución. De esta manera, no solo beneficia al laboratorio, sino que aporta un referente metodológico para entornos con condiciones de producción equivalentes, sin abordar temas de viabilidad financiera ni proyecciones comerciales.

Justificación Metodológica

Desde el punto de vista metodológico, se adopta un enfoque cualitativo, con un método de análisis-síntesis y un tipo de investigación descriptivo, ya que el propósito es comprender la realidad del proceso de producción en el laboratorio, sin imponer hipótesis previas ni realizar inferencias estadísticas. Tal como lo afirman Hernández (2014), este tipo de estudios permite recolectar información que describe propiedades y características esenciales de un fenómeno, facilitando su comprensión desde lo particular.

El enfoque cualitativo ofrece flexibilidad en la recolección de información, permitiendo que las categorías de análisis se profundicen en función del contexto observado. A través del método de análisis-síntesis, identificando los elementos específicos de la situación del laboratorio y componentes para su sistema de producción, para luego proponer un sistema de costos coherente con sus características. Así, la metodología no busca validar teorías generales, sino generar una solución adaptada a un entorno particular mediante la aplicación de conocimientos contables.

Este diseño metodológico permite abordar con claridad categorías como:

- * Elementos del costo involucrados en la producción 3D.
- * Clasificación de los costos según su comportamiento o función.
- * Métodos de costeo compatibles con producciones por encargo, como el costeo por órdenes.

Justificación Teórica

Teóricamente, esta investigación se enmarca dentro de la contabilidad de gestión, la cual permite aplicar herramientas contables para el control interno de costos y la toma de decisiones estratégicas, sin entrar en análisis de rentabilidad o proyecciones de mercado. Según Rojas (2007), “la contabilidad de costos es un sistema de información con el cual se determina el costo incurrido al realizar un proceso productivo y la forma como se genera este en cada una de las actividades” (p. 9).

La impresión 3D, específicamente bajo la técnica de modelado por deposición fundida, representa una forma de producción con alto grado de personalización, lo cual exige seleccionar un sistema de costeo coherente. De acuerdo con Krajewski y Ritzman (2000), este tipo de procesos se sitúa en el extremo de alta personalización y bajo volumen, donde cada pedido es único y las operaciones se ajustan caso por caso.

Esta investigación contribuye a la comprensión teórica sobre cómo seleccionar y estructurar sistemas de costos cuando se trabaja en entornos con características no convencionales. Además, resalta el papel de la contaduría pública como disciplina capaz de diseñar estructuras de información contable útiles para la toma de decisiones técnicas, incluso en ambientes no empresariales.

Desde el ámbito académico, este trabajo fortalece la formación profesional en contaduría al brindar herramientas aplicadas que integran teoría y práctica. También posiciona a la Universidad del Valle como un referente en estudios contables aplicados al entorno local, fomentando el vínculo entre la academia y las dinámicas productivas del territorio.

Capítulo 2 Marco de referencia

Este capítulo establece los fundamentos teóricos que sustentan la investigación, abordando los paradigmas investigativos, teorías contables y conceptos centrales para el diseño de un sistema de costos apropiado para la línea de impresión 3D de Univalle

Marco teórico

Para la sustentación del presente proyecto se tomó como base diferentes referentes teóricos que suministran la cimentación del proceso investigativo e indagatorio, enfocado en la contabilidad de costos, específicamente el sistema costos adecuado para la línea de impresos 3D, para ello fue necesario conceptualizar de manera clara, cada punto que hizo parte del análisis y desarrollo de la actual monografía.

Paradigma

Sobre el concepto de Paradigma, de acuerdo con Kuhn (como se citó en Contreras, 1996), un paradigma es un sistema de creencias, principios, valores y premisas que determinan la visión que una determinada comunidad científica tiene de la realidad, el tipo de preguntas y problemas que es legítimo estudiar, así como los métodos y técnicas válidos para la búsqueda de respuestas y soluciones (p. 110). En este sentido, cada paradigma representa una forma particular de comprender la ciencia, su objeto de estudio y los métodos que orientan la producción de conocimiento.

En el campo de la investigación contable, esta concepción paradigmática adquiere especial relevancia debido a la naturaleza multidimensional de la disciplina contable, la cual puede abordarse desde diferentes perspectivas epistemológicas. Siguiendo la clasificación de Burrell y Morgan (1979), posteriormente desarrollada por (Chua,1986) específicamente para el contexto contable, se identifican tres paradigmas fundamentales que han orientado la investigación en esta área del conocimiento: el positivista, el interpretativo y el sociocrítico.

Desde esta perspectiva, el conocimiento no se construye exclusivamente a partir de modelos normativos o generalizables, sino mediante la comprensión situada de los significados,

dinámicas y decisiones que emergen en contextos reales. En consecuencia, este paradigma permite analizar cómo se interpretan e implementan los sistemas de costos en la práctica, lo cual posibilita identificar brechas entre lo normativo y lo operativo, así como oportunidades para fortalecer la contabilidad desde su ejercicio concreto.

El paradigma positivista en contabilidad, representado por autores como Watts y Zimmerman (1986), Ball y Brown (1968), concibe la realidad contable como objetiva y medible, estableciendo relaciones causales entre variables contables y fenómenos económicos. Este enfoque busca generar conocimiento a través de la verificación empírica y la formulación de leyes generalizables, aplicando métodos cuantitativos para validar teorías y predecir comportamientos financieros. Desde esta perspectiva, los sistemas de costos son estructuras técnicas cuya eficacia puede ser medida objetivamente mediante indicadores de desempeño.

Por su parte, el paradigma interpretativo o hermenéutico, fundamentado en los trabajos de Weber (1864-1920) sobre la sociología comprensiva y desarrollado en contabilidad por autores como Hopwood (1983) y Miller (1994), reconoce que la contabilidad es una práctica socialmente construida que debe ser comprendida desde los significados que los actores sociales le atribuyen. Este paradigma, influenciado por la tradición fenomenológica de Dilthey y Husserl, privilegia la comprensión *Verstehen* sobre la explicación causal, enfatizando que el conocimiento contable emerge de la interpretación contextualizada de las prácticas organizacionales.

El paradigma sociocrítico, representado por exponentes como Tinker (1985), Cooper y Hooper (1988), y fundamentado en la teoría crítica de la Escuela de Frankfurt especialmente en los trabajos de Habermas sobre los intereses constitutivos del conocimiento, plantea que la contabilidad no es neutral, sino que refleja y reproduce relaciones de poder. Este enfoque busca no solo comprender los fenómenos contables, sino transformar las estructuras que perpetúan desigualdades, promoviendo una contabilidad emancipadora que contribuya al cambio social.

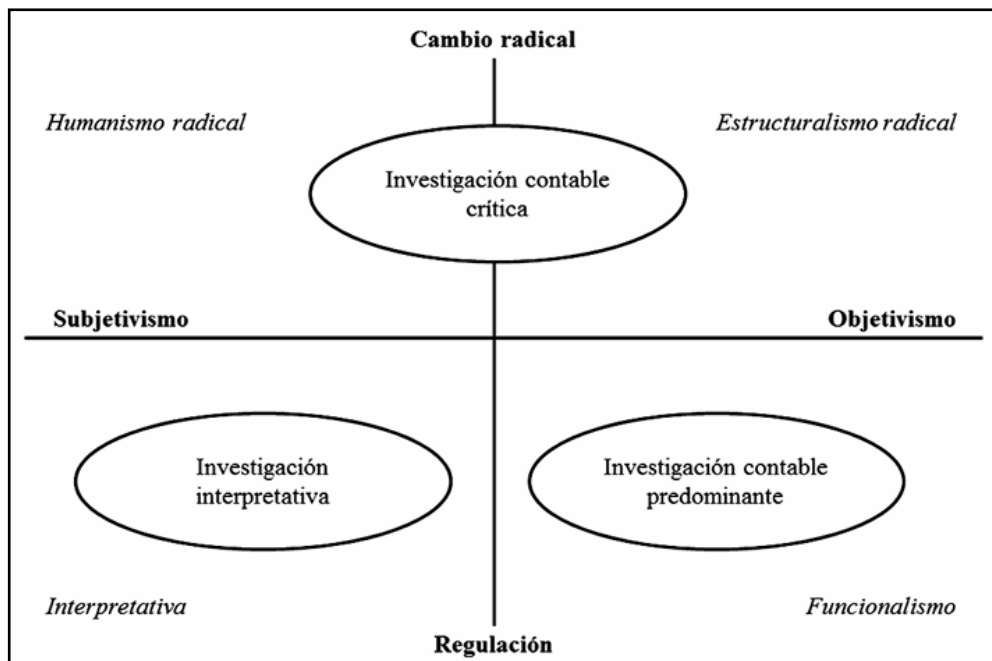
El paradigma interpretativo, retomado por Chua (1986) a partir de la clasificación de Burrell y Morgan (1979), parte de la idea de que la contabilidad es una práctica socialmente construida, influida por el contexto organizacional y por las experiencias de los sujetos que la ejercen. Esta perspectiva resulta especialmente pertinente para el estudio de tecnologías emergentes como la impresión 3D, donde los marcos normativos tradicionales de costeo requieren ser reinterpretados y adaptados a nuevas realidades productivas.

Desde esta perspectiva epistemológica, el conocimiento no se construye exclusivamente a partir de modelos normativos o generalizables, sino mediante la comprensión situada de los significados, dinámicas y decisiones que emergen en contextos reales. En consecuencia, este paradigma permite analizar cómo se interpretan e implementan los sistemas de costos en la práctica, lo cual posibilita identificar brechas entre lo normativo y lo operativo, así como oportunidades para fortalecer la contabilidad desde su ejercicio concreto.

La adopción del paradigma interpretativo en esta investigación se justifica, además, por su capacidad para abordar la complejidad inherente a los procesos de manufactura digital, donde variables técnicas, organizacionales y formativas convergen en la configuración de estructuras de costos únicas. Este enfoque permite reconocer que el sistema de costos propuesto no constituye una solución técnica universal, sino una construcción contextualizada que debe ser comprendida desde las particularidades del entorno académico y las necesidades específicas de formación profesional en contaduría pública.

Figura 4

Taxonomía de la investigación contable



Fuente. Tomado del libro “Caracterización de la investigación contable. El aporte de Chua” por Carlos Mario Vargas Restrepo.

Teoría general de los sistemas

Los sistemas son la interrelación de distintos componentes entre sí, un complejo orden de apoyo entre cada elemento que lo conforma, que busca un objetivo en concreto, estos sistemas permiten el funcionamiento de otros sistemas, creando un ambiente donde todos aquellos organismos cooperan para su supervivencia.

De manera específica Bertalanffy (1976), define:

La teoría general de los sistemas en el sentido más estricto, que procura derivar, partiendo de una definición general de “sistema” como complejo de componentes interactuantes, conceptos característicos de totalidades organizadas, tales como interacción, suma mecanización, centralización, competencia, finalidad, etc., y aplicarlos a entonces a fenómenos concretos (p. 94)

Estos sistemas poseen una estructura general, que se conforma de una entrada, que permite el ingreso de elementos que posteriormente serán transformados en el proceso, culminando en una salida, que es el resultado o elemento terminado; en términos del presente trabajo de grado, la entrada supondría el estudio de los diferentes elementos que constituyen el costo para la actividad de impresión 3D, el proceso yace en la transformación de estos datos a través del sistema de costos por órdenes de producción, concluyendo el resultado de unas variables económicas que representaría la salida de este sistema.

Cabe resaltar que en esta teoría se presentó un concepto llamado **la Homeostasis** definida por Kinney et al. (2011), que un contexto de investigación de las ciencias naturales, se refiere a “la capacidad de un organismo para mantener un ambiente interno constante, lo que permite la supervivencia en una amplia gama de condiciones ambientales externas” pese a ser un concepto extraído de otro área disciplinar, se puede adaptar a diferentes ambientes organizacionales como es el caso del presente trabajo, valorando el nivel de respuesta y adaptabilidad del proceso productivo de la impresión 3D.

Administración de procesos

Para determinar un sistema de costos adecuado para la impresión 3D, se debe entender el proceso que recae en la producción, como lo menciona Krajewski y Ritzman (2000) “Un proceso

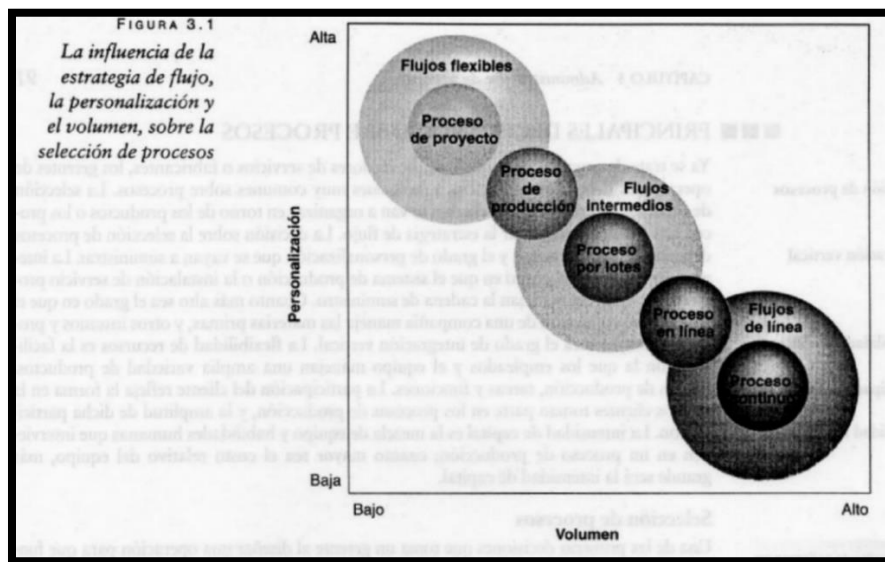
implica el uso de los recursos de una organización, para obtener algo de valor. Ningún producto puede fabricarse y ningún servicio puede suministrarse sin un proceso, y ningún proceso puede existir sin un producto o servicio.” (p. 89).

Por lo que es necesario involucrar los procesos con el fin de analizar las características más importantes para costear la línea de impresos 3D, introduciendo la administración de procesos definida por Krajewski y Ritzman (2000) como:

“La administración de procesos es la selección de los insumos, las operaciones, los flujos de trabajo y los métodos que transforman los insumos en productos. La selección de insumos empieza con la decisión de qué procesos se habrán de realizar internamente y cuáles se realizarán en el exterior y serán comprados como materiales y servicios. Las decisiones de procesos también se refieren a la mezcla apropiada de habilidades humanas y equipo, y también a qué partes de los procesos deberán ser desempeñadas por cada uno de ellos.” (p. 89).

Figura 5

Diagrama de los diferentes tipos de la selección de procesos



Fuente. Tomado de Administración de Operaciones. Estrategia y Análisis por Krajewski y Ritzman

Elementos fundamentales de la teoría de costos

Bajo la premisa postulada por Hendriksen (como se citó en Laya, 2011)

La evolución de la industria producto de los avances tecnológicos posteriores a la revolución industrial promovió el desarrollo de la contabilidad de costos y junto con esta el concepto de depreciación... también surgió la necesidad de información gerencial concerniente a los costos de producción y los que habían de asignarse a la valoración de inventarios..., el desarrollo del concepto de negocio en marcha y la mayor predilección del costo como base valoración del activo. (p. 94)

Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden identificar los siguientes elementos fundamentales en la teoría de costos.

Costos. Estos dentro de la contabilidad, juegan un papel muy importante en la estructuración económica de las compañías, concepto que afirma con los siguientes tres autores y sus afirmaciones acerca de los costos.

Para Molina (2007) “Los costos representan una porción del precio de adquisición de artículos, propiedades o servicios, los cuales deben diferenciarse de los gastos y pérdidas.”

Por su parte, Ramírez (2013) define que:

“Por costo se entiende la suma de erogaciones en que incurre una persona física o moral para adquirir un bien o un servicio, con la intención de que genere ingresos en el futuro. Dicho de otra forma, un costo es un sacrificio hecho el día de hoy, con la esperanza de que produzca un beneficio más adelante. Todo costo debe traer aparejado un beneficio futuro para quien lo incurre; de lo contrario, carece de sentido y se debe tratar de eliminarlo” (p. 48).

Otro concepto que vale la pena destacar lo menciona Torres (1996) afirmando que: Los costos fueron originalmente considerados como fijos (el término proviene de la raíz latina que significa constante) que funcionó bien para los negocios muy pequeños. En organizaciones mayores, algunos costes tendían a mantenerse inalterados, incluso durante períodos de actividad, mientras otros se incrementaron y disminuían según el volumen de trabajo (p. 1).

La idea de costos como un valor fruto del sacrificio monetario dispuesto para la adquisición de algún producto o servicio, es bastante concreto, pues, si bien los diferentes autores mencionan

elementos distintos, su tesis o idea principal abarca lo anteriormente dicho, lo que compagina el concepto como un factor esencial para la contabilidad y el análisis de la situación de la empresa.

Contabilidad de costos. Para Hansen Don y Mowen (2007)“la contabilidad de costos proporciona información de costos acerca de los productos, los clientes, los servicios, los proyectos, las actividades, los procesos y otros detalles que pueden ser de interés para los administradores.” (p. 33), este concepto permitió identificar que la administración de costos es una herramienta que recauda y arroja información pertinente a las operaciones de ventas, administrativas y operacionales de la compañía.

Otro término interesante lo expone el profesor Torres (1996) planteando que:

“La Contabilidad de costos, analítica o interna tiene por objeto el conocimiento y la interpretación de los hechos que tienen lugar en el seno de la unidad económica desde un punto de vista interno, tales como la formación de costos y la valoración de productos o servicios.” (p. 1).

Por otro lado, Molina (2007) afirma que “La Contabilidad de Costos se ocupa de la clasificación, acumulación, control y asignación de costos.” (p. 15), por lo que reafirma el hecho de que la contabilidad de costos es un instrumento para la medición del costo real de cada componente que sea importante para la gestión de las actividades de la compañía.

Estructura de costos. En la búsqueda de la conceptualización de la contabilidad de costos, es necesario adentrarse en la organización de los costos, como lo plantean Giraldo y Hurtado (2020):

Hablar de estructura de costos es también referirse a la Estructuración de costos como un proceso orientado a organizar y presentar de manera práctica la forma de cómo se lleva a cabo la medición e identificación en la gestión de costos (p. 36).

Esta definición propone que la estructura de costos es una herramienta para organización de la medición de los costos; otro concepto es planteado por Ortiz y Rivero (2006) afirmando que:

“Estructuración de costos es un proceso orientado a organizar de manera práctica la gestión de costos, basado en las prioridades estratégicas y operativas de la organización. Como tal, debe cubrir todas las operaciones de la organización, definir mecanismos para el procesamiento de datos financieros, y desarrollar la capacidad de disseminación de información oportuna y de calidad a nivel interno y externo” (p. 6).

Sistema de costos. Deconstruyendo la idea de sistemas de costos, se adentró en los conceptos de cada palabra que lo componen; como anteriormente se había planteado, los sistemas son elementos que se interrelacionan entre sí, que gracias a su compleja estructura permiten el análisis de información que posteriormente arroja un resultado para su entorno; por otro lado, se encuentra el concepto de costos que orienta el enfoque del término.

Asimilando la definición de costos, Baker y Jacobsen (1988, como citó Pineda 2008) afirma que “...como una suma de erogaciones, es decir, el costo inicial de un activo o servicio adquirido se refleja en el desembolso de dinero en efectivo y otros valores, o sea un pasivo incurrido”(P. 5), teniendo en cuenta lo anterior, se sustrajo que los sistemas de costos son el proceso del análisis de los valores económicos de un activo o servicio, obteniendo como resultado un conjunto de valores reales entregados por la adquisición de los mismos.

Ahora bien, existen diferentes pensadores que concretan una idea clara de lo que es sistemas de costos, como es el caso de Sinisterra (como citó Morillo 2002) que en el año 1997 afirma lo siguiente:

“Los sistemas de costeo son subsistemas de la contabilidad general, los cuales manipulan los detalles referentes al costo total de fabricación. La manipulación incluye clasificación, acumulación, asignación y control de datos, para lo cual se requiere un conjunto de normas contables, técnicas y procedimientos de acumulación de datos tendientes a determinar el costo unitario del producto”.

Sinisterra encamina la idea a un conjunto de herramientas para la interpretación económica del costo unitario del producto.

Costos de producción. La producción dentro del proyecto fue factor de suma importancia por lo que se toma en cuenta para definirla de una manera más clara, corroborando con conceptos de autores destacados como los siguientes:

“...se diría que costos de producción son el conjunto de efectivo, materia prima, esfuerzos y procesos de actividades, que se invirtió para la obtención de un producto o servicio.” (Casanova et al. 2021)

“Comprenden las erogaciones y cargos asociados clara y directamente con la producción de bienes o la prestación de servicios de los cuales el ente público obtiene sus ingresos, en desarrollo de su función administrativa o cometido estatal.” (Contaduría General de la Nación, 2001).

La estructura de costos es un proceso de gran relevancia para las empresas ya que se orienta en el ámbito de medición y evaluación de los costos y datos financieros, teniendo como principales focos los costos variables y fijos, convirtiendo esta estructura en una herramienta fundamental para reflejar los recursos que se requieren y su capital; además de las actividades estratégicas y operativas.

Dicho proceso se realiza con el fin de generar una estructura hábil, diligente y optimizada para la compañía.

Estructuración de costos es un proceso orientado a organizar de manera práctica la gestión de costos, basado en las prioridades estratégicas y operativas de la organización. Como tal, debe cubrir todas las operaciones de la organización, definir mecanismos para el procesamiento de datos financieros, y desarrollar la capacidad de disseminación de información oportuna y de calidad a nivel interno y externo. (Ortiz y Rivero, 2006).

Sistema de Costos

El presente trabajo se enmarca dentro del enfoque de costos por órdenes de producción, por lo cual resulta pertinente exponer sus fundamentos conceptuales y contrastarlo brevemente con otros sistemas de costeo aplicables, como lo explica Rojas (2007) afirmando lo siguiente:

“El sistema de costos por órdenes de fabricación, también conocido bajo el nombre de: costos por órdenes específicas de producción, lotes de trabajo, pedidos de los clientes. Se caracteriza porque cada uno de los costos incurridos dentro del proceso productivo se puede identificar directamente con el producto y, por lo tanto, se le asigna a la orden que lo genera. Es muy útil en aquellas empresas en las que el proceso productivo se basa en lotes, o tienen un sistema de producción en la que la unidad realizada se efectúa bajo solicitudes y especificaciones del cliente.” (p. 33).

Este enfoque resulta particularmente útil en organizaciones donde el proceso productivo se basa en pedidos diferenciados o trabajos específicos, como ocurre en contextos formativos con producción por demanda.

De manera similar, el profesor Sinisterra (2006) sostiene que “el costeo por órdenes de trabajo se utiliza cuando se pueden fabricar diversas clases de productos y sus costos se acumulan

de acuerdo con las especificaciones del cliente” (p. 59). Este sistema permite un control más preciso sobre los componentes del costo, facilitando su asignación individualizada y el análisis de variaciones. En efecto, “un pedido en un sistema de costos por órdenes de trabajo puede constar de una sola unidad o de muchas unidades idénticas o similares amparadas por una sola orden de trabajo” (Sinisterra, 2006, p. 59). Sectores como el de artes gráficas, fabricación de muebles, maquinaria o impresión especializada trabajan comúnmente bajo esta lógica de órdenes específicas, siendo un enfoque adecuado para el presente estudio, dado el carácter unitario y bajo demanda de la producción realizada en el laboratorio de impresión 3D.

Ahora bien, existen otros sistemas de costeo con amplio reconocimiento teórico, pero cuya aplicación al caso específico presenta limitaciones. Por ejemplo, el costeo por procesos es un sistema de acumulación de costos utilizado cuando se producen grandes volúmenes de productos homogéneos de forma continua; en este caso, “los costos se acumulan por departamento o proceso durante un período determinado y luego se asignan a las unidades producidas” (Horngren et al. 2006). Dado que la producción del laboratorio no es estandarizada ni masiva, este sistema no se ajusta al contexto del presente trabajo.

Por otra parte, el sistema de costeo basado en actividades (ABC), propuesto por Kaplan y Cooper (1998), busca asignar los costos indirectos a los productos con base en las actividades que consumen recursos, permitiendo una asignación más precisa y estratégica. Aunque este enfoque resulta valioso en ambientes complejos o altamente diversificados, su implementación requiere una estructura de datos más robusta, y su grado de sofisticación excede el alcance operativo del laboratorio universitario en su estado actual.

Finalmente, el costeo estándar permite asignar costos predeterminados a materiales, mano de obra y costos indirectos, para luego comparar con los costos reales y analizar desviaciones (Garrison et al (2012)). “Aunque útil para el control de eficiencia en procesos repetitivos o estables, su aplicación plena en entornos de producción ocasional como el del laboratorio puede resultar poco pertinente, especialmente cuando aún no se cuenta con parámetros de referencia suficientemente consolidados”.

En conclusión, el sistema de costeo por órdenes de producción se ajusta mejor al tipo de actividad desarrollada en el laboratorio de impresión 3D, ya que permite identificar y asignar los costos de cada impresión o lote específico, en función del insumo, el tiempo de máquina, la configuración del modelo y otros factores variables. Su uso facilita la organización contable del

proceso productivo desde una perspectiva de contabilidad de gestión, sin pretender trasladar modelos comerciales ni proyectar resultados financieros, en concordancia con el enfoque académico-formativo del presente estudio.

Para un análisis más descriptivo se presenta la siguiente información que permite abarcar de manera concreta las características de los diferentes sistemas de costos.

Figura 6

Características principales de los sistemas de costos

Sistemas de Costos				
Sistema	Características Principales	Tipo de Producción	Aplicación Típica	Diferencias Clave
Por Órdenes	• Calcula costos por cada pedido • Cada producto es diferente • Materiales y mano de obra a costo real • Gastos indirectos se estiman	• Producción por pedidos • Productos únicos o personalizados • Cantidades pequeñas • Cada trabajo es diferente	• Talleres de impresión • Muebles personalizados • Construcción • Servicios de consultoría	• Cada pedido es único • Costos se calculan por separado • Ideal para trabajos especiales
Por Procesos	• Calcula costos por cada etapa de producción • Productos iguales • Fabricación en grandes cantidades • Todos los costos son reales	• Producción continua • Productos idénticos • Grandes volúmenes • Proceso paso a paso	• Refrescos • Ropa • Cemento • Papel y alimentos	• Productos idénticos en masa • Costos se suman por etapas • Ideal para producción en serie
ABC (Por Actividades)	• Los productos usan actividades • Asigna costos en dos pasos • Sistema para tomar decisiones • Ve toda la empresa • Ayuda a mejorar procesos	• Cualquier tipo de empresa • Servicios o productos • Especial cuando hay muchos gastos indirectos • Empresas con tecnología avanzada	• Calcular costo de productos • Evaluar servicios • Analizar clientes • Estudiar mercados	• Incluye todos los gastos • Reparte gastos indirectos mejor • Costos más exactos • Ayuda a eliminar desperdicios
Estándar	• Costos calculados antes de producir • Costos que "deberían ser" • Basado en estudios técnicos • Metas de eficiencia	• Producciones repetitivas • Necesidad de control • Para hacer presupuestos • Medir qué tan bien se trabaja	• Controlar la gestión • Comparar lo planeado vs real • Medir eficiencia • Simplificar registros	• Se planifica antes • Establece metas de costo • Compara real vs planeado • Identifica problemas

Fuente. Tomado a partir de los conceptos elaborados por Joaquín Cuervo y Jair Albeiro Osorio apoyado del asistente de IA Claude.

Sobre la gestión de inventarios. Dentro del desarrollo de un sistema de costos se vincula el tratamiento de los inventarios y su gestión; uno de los conceptos que más suscita claridad lo propone (Sinisterra, 2006) que afirma:

“La normatividad vigente establece que los inventarios están constituidos por los bienes corporales destinados a la venta en el curso normal de los negocios, por los que se encuentran en proceso de producción, y por los que se utilizarán en la producción de otros bienes que van a ser vendidos. Es decir, los inventarios comprenden, primero, los productos terminados, o sea, los que contienen el total de los costos de producción: materias primas, mano de obra y costos indirectos. El segundo se refiere a los productos en proceso, es decir, los inventarios que contienen parcialmente los costos de producción. En tercer lugar, el inventario de materias primas, o sea, los materiales que se someten a un proceso de transformación para convertirlos en productos terminados.” (p. 80).

Marco de Antecedentes

Este proyecto llevó a comprender la necesidad de fomentar un sistema de costeo que fuera acorde al mercado de impresos en 3D, buscando construir una propuesta de costeo por órdenes de producción que facilitara el análisis y verificación de ese emprendimiento. Partiendo del hecho de que dicha tecnología permitió la optimización de los recursos, del tiempo, la reducción de gastos y otros factores que podrían afectar el desarrollo de la producción del mismo; por esa razón, un costeo adecuado permitió un control efectivo de cada actividad, potenciando cada recurso al máximo y la generación de una producción eficaz. Asimismo, permitió identificar la realidad financiera del emprendimiento.

Con base a lo anterior se tomaron como referencia, algunos proyectos que fueron de apoyo y que emplean dicha metodología y tecnología, con el fin de dar comprensión al tema en cuestión.

Tabla 1*Antecedente Local*

Elemento	Descripción
Título	Estructura de costos por órdenes de producción, para las empresas del sector de impresión digital y de gran formato del municipio de Cartago, Valle del Cauca
Autor(es)/Año	Diana Marcela Giraldo Ruiz y Wilber Castillo Hurtado / 2020
Institución	Universidad del Valle (Cartago)
Metodología	La metodología aplicada al desarrollo del trabajo se basó en la estructura de costos cualitativos con relación al método descriptivo y analítico de tipo no experimental para entidades del sector gráfico e impresión digital, por tal razón se toma una orientación mixta, con la cual se pueda evaluar y emitir conclusiones acordes al trabajo aplicado.
Conclusión	El haber planteado una estructura de costos por órdenes de producción como herramienta de gestión financiera para negocios de Impresión digital fue un reto positivo y de gran relevancia, ya que la actividad de estas empresas deben tener definidos sus elementos y componentes del costo, lo que permite reconocerlos en detalle, medirlos, cuantificar su productividad en base a sus operaciones económicas, evaluar, analizar; obteniendo así información pertinente y confiable para la mejor construcción de decisiones a partir de los objetivos de la compañía.
Aporte al proyecto	El presente trabajo es de gran relevancia para el proyecto, ya que demuestra que tan importante es la implementación de un sistema de costeo para darle el respectivo manejo a todos los gastos necesarios para la producción. De igual forma, permite llevar un control e identificar cualquier variación que pueda generar una información errónea que pueda interferir con el funcionamiento normal de la actividad económica.

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 2*Antecedente Internacional*

Elemento	Descripción
Título	Sistema de costos por órdenes y su incidencia en la rentabilidad de industria editorial del norte S.A; Chiclayo, 2018
Autor(es)/Año	Bach. Agreda Ayen Milagros del Pilar / 2020 (Pimentel-Perú)
Institución	Universidad Señor de Sipán
Metodología	El tipo y diseño de investigación implementado en este trabajo fue cuantitativa, descriptiva y propositiva, no experimental con variable independiente de costos por órdenes y variable dependiente de rentabilidad. Se aplicaron técnicas de entrevistas para la recolección de datos, utilizando métodos de análisis inductivo-deductivo.
Conclusión	La compañía Industria Editorial del Norte S.A, al implementar los costos por órdenes obtuvo costos verdaderos de cada producto, esto contribuyo a fortalecer su rentabilidad gracias a la información obtenida; por lo que, se fomentó una mejor administración de los recursos. Debido a que el proceso que se utilizaba era mediante estimación, lo que no permitía identificar ni llevar un control de los costos ni de la materia prima e insumos utilizados en la fabricación de los productos.
Aporte al proyecto	El análisis de este proyecto fomento la relevancia de implementar un sistema de costeo, en este caso por órdenes de producción que permita la sistematización de los recursos, control y verificación de la rentabilidad obtenida.

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 3*Antecedente Internacional*

Elemento	Descripción
Título	Desarrollo de órtesis (férula) de tobillo y pie obtenido mediante técnica de escaneo, análisis cad/cae y prototipado rápido en 3D
Autor(es)/Año	Arízaga Cordero, Xavier Augusto / 2019
Institución	ESPE Universidad de las fuerzas armadas innovación para la excelencia (ECUADOR)
Metodología	El proceso de desarrollo para el análisis y diseño los costos para la producción de órtesis de tobillo y pie serán acorde a una matriz de diagramas de flujo y se representa en forma gráfica; se emplea de esta manera, ya que las relaciones que se conforman entre las actividades productivas, la disponibilidad del producto, la distribución de la oferta conforme a la utilización y el valor que se le emplea a cada actividad según el flujo o proceso productivo.
Conclusión	Mediante el escaneo 3D aplicado a una persona con el mecanismo Scanto3D se obtuvo información biométrica de tobillo y pie para la órtesis; al igual, se contó con la aplicación de softwares como Solidworks y Netfabb, que permiten el procesamiento de datos, análisis para eliminar las imperfecciones y simulación para evaluar el funcionamiento del modelo y el soporte que tendrá mediante el uso.
Aporte al proyecto	El presente estudio es de gran importancia al demostrar que esta nueva tecnología permite, mediante ciertos mecanismos de escaneo, softwares, filamentos e impresoras en 3D, realizar un sinfín de posibilidades, modelos, piezas, estructuras, entre otras. que ayudaran en los diferentes campos que se requieran, en este caso será de gran utilidad para personas que padezcan ciertas afecciones particularmente en los tobillos o pies, generando así, el mejoramiento del bienestar ser humano.

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 4*Antecedente Nacional*

Elemento	Descripción
Título	Prefactibilidad para la implementación de una empresa encargada de diseñar, elaborar y comercializar productos personalizados en 3D en la ciudad de Bogotá.
Autor(es)/Año	Andrea Enciso-Cindy Sedano-Nataly Gómez-Tatiana Fonseca / 2020
Institución	Universidad Católica de Colombia
Metodología	Descriptiva, de tipo experimental con variables independiente y dependiente.
Conclusión	El proyecto concluyo que la industria de impresión en 3D en Bogotá no posee competencia directa, ya que existen pocas empresas que oferten el servicio. De igual forma, se constató que el montaje de esta actividad no es tan complejo ya que reduce la mano de obra y costos de producción. Además, esta tecnología implementa materiales reutilizables que pueden ser un factor positivo para el medio ambiente.
Aporte al proyecto	Este trabajo se toma como aporte, ya que evidencia lo nuevo de esta tecnología y lo poco que se ha implementado por la industria de impresión por el escaso conocimiento que se tiene sobre esta técnica; aun así, está teniendo muy buena acogida por sus ventajas en la reducción de costos. Además, de su contribución amigable con el planeta.

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 5*Antecedente Internacional*

Elemento	Descripción
Título	Diseño de un sistema de costos por órdenes de producción, para la imprenta Alma Lojana del Cantón la Maná, provincia de Cotopaxi
Autor(es)/Año	Edwin Arboleda Sigcha - Patricia Espín Vera / 2020
Institución	Universidad Técnica de Cotopaxi (LA MANÁ- ECUADOR)
Metodología	Investigación de tipo bibliográfico, descriptivo, donde los métodos utilizados en el desarrollo del trabajo son de tipo inductivo, deductivo, analítico, cuantitativo, con instrumentos de entrevistas y encuesta.
Conclusión	La estructura de un sistema de costos por órdenes para la empresa de Imprenta Alma Lojana, se configuro de tal forma que fuese por la descripción de cada producto fabricado o por lote y un flujograma para los procesos de elaboración de los productos, con el fin de definir el costo unitario de su elaboración, control sobre los productos vendidos; para así, poder percibir la utilidad mediante la construcción del estado de resultados.
Aporte al proyecto	El desarrollo del proyecto es pertinente, debido a que identifica algunos pasos a realizar y tener en cuenta para la oportuna culminación de los procesos de producción. Al igual, que los parámetros fundamentales para la adquisición de insumos y venta de la producción, realizando así los cruces de cuentas necesarios según la información que se obtiene para identificar la rentabilidad del ejercicio económico.

Fuente. Elaboración Propia

Marco Conceptual

Para la retroalimentación de los temas que se desarrollaron en el presente trabajo y en la búsqueda de claridad respecto a ciertos conceptos, se hizo pertinente definirlos con el fin de crear una concepción clara de la tesis.

Impresión 3D

Es una tecnología que, pese a su antigüedad, el conocimiento de su existencia en el mundo no se dio a conocer, sino a partir del año 2000, pues la herramienta que hoy conocemos no era la primera idea planteada.

En un primer momento la impresión 3D nace a partir de la necesidad de verter un material específico previamente elaborado a partir de varios componentes químicos en espacios o moldes específicos con el fin de obtener un objeto con una forma deseada.

El primer prototipo al que se le atribuye, usó resinas fotosensibles fue el diseñado por Chuck Hull, en su proceso particular de investigación al notar que la resina aplicada sobre un molde (con fines de endurecer los tableros de madera) provoca su endurecimiento por acción de la luz, de tal manera que, si se proyectara de una forma específica el foco de luz, generaría un patrón sobre una fina capa de resina, Chuck Hull bautizaría esta tecnología como Estereolitografía, patentándola en el año 1986. (Molero, 2016, p. 143).

El proceso realizado por Chuck era a través de un haz de luz (laser), proyectaba una serie de patrones hacia una resina líquida fotosensible, este proceso se realizaba capa a capa hasta llegar a crear una geometría.

La segunda patente importante se produjo en 1986, diseñada por un estudiante de la Universidad de Texas en Austin, llamado Carl Deckard. Su proceso lo llamó sinterizado selectivo por láser, funcionaba agrupando partículas de polvo de material por la acción calorífica de haz de luz (láser) Este proceso permitía que dos partículas se unieran sin ser fusionadas primero y consiguiendo solidificarse en seguida.

Por último, existe una tercera invención que representó un importante hito para esta tecnología, diseñado por S. Scott Crump en 1989, esta idea planteaba la utilización de un filamento termoplástico que se funde para formar un objeto de plástico, este proceso se

realiza capa a capa, el nombre de este método es llamado Depósito de filamento fundido, que posteriormente fue patentado en 1992. (Molero, 2016, p. 144).

Esta última invención reflejó lo que hoy se conoce como impresión 3D y estableció las bases de la revolución tecnológica a nivel mundial, para impresión de diversas piezas y para diversos usos, así mismo, el interés central y base de la investigación es la de establecer el método de costeo bajo órdenes de producción aplicado a dicho servicio.

Prototipo

El concepto de prototipo abarca un gran ámbito en el presente proyecto por lo que es imperativo abordar su definición.

La Real Academia Española (s.f.) comparte la siguiente definición:

Del francés prototype, este del latín tardío prototypos 'forma elemental o primitiva', y este del griego πρωτότυπος prōtōtypos, de πρωτο prōto 'primero' y τύπος týpos 'modelo, ejemplar'. Ejemplar original o primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa.

Otros autores definen el prototipo como:

La noción de prototipo procede de la lengua griega. En concreto, es fruto de la suma de dos componentes de dicha lengua: El prefijo “protos”, que puede traducirse como “el primero”. El sustantivo “tipos”, que es sinónimo de “modelo” o “tipo”. (Pérez y Merino, 2015).

“En la esfera del diseño, se tiene como una primera definición de prototipo al objeto que se obtiene como primero de su tipo, sin que antes hubiera habido algo igual a él.” (Arenas, 2014).

Podría entenderse que el prototipo es una especie de instrumento de prueba para el análisis de una propuesta, la impresión 3D es una herramienta especializada para la creación de infinidad de prototipos, volviéndose este un elemento fundamental en la planificación y desarrollo del proyecto.

Modelado 3D

Para alcanzar un producto impreso se debe pasar primero por la concesión de una idea llevada a un ámbito visual en tres dimensiones, este proceso denominado modelado 3D, definido por una de las empresas más grandes en la industria audiovisual Adobe (s.f) como:

“El modelado en 3D es el proceso de creación de objetos 3D utilizando software especializado. Estos modelos se pueden escenificar con otros efectos visuales para crear escenas completas para imágenes estáticas o animación. Cualquiera puede empezar a modelar en 3D con las herramientas adecuadas.” (p. 1)

Otro concepto pertinente de este proceso lo aborda la empresa Autodesk (s.f) de la siguiente manera:

“el modelado 3D consiste en utilizar software para crear una representación matemática de un objeto o forma tridimensional. El objeto creado se denomina modelo 3D y se utiliza en distintas industrias como el cine, la televisión, los videojuegos, la arquitectura, la construcción, el desarrollo de productos, la ciencia y la medicina.” (p. 1).

Diagrama de flujo

Dentro de las operaciones productivas de una empresa es necesario identificar los diferentes procesos en la producción para buscar la eficiencia y determinar los costos implicados en esta, por ello se hace uso del diagrama de flujo como lo comenta Schroeder (2005) “los diagramas de flujo se utilizan para describir y mejorar el proceso de transformación en los negocios. Para mejorar la efectividad o la eficiencia de los procesos productivos.” (p. 127)

Por otro lado, Agudelo y Escobar lo definen como “representaciones gráficas, apoyadas en símbolos claramente identificables y acompañados de una breve descripción. Los diagramas de flujo dan una mayor precisión y claridad sobre que quiere expresar para dar a conocer las actividades” (p. 38).

Los diagramas de flujo representan gráficamente la secuencia de operaciones de un proceso mediante símbolos estandarizados, lo que permite visualizar las relaciones entre distintas actividades. Según Krajewski et al. (2018), estos diagramas "permiten comprender integralmente un proceso, identificar las interrelaciones entre áreas funcionales y establecer responsabilidades operativas claras", sirviendo como base para el análisis y mejora continua.

En el ámbito de la contabilidad de costos y los procesos productivos, existen diversas categorías tipologías de diagramas de flujo:

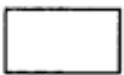
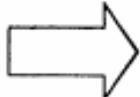
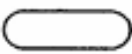
- **Diagrama de proceso-operación:** Muestra la secuencia cronológica de operaciones, inspecciones y movimientos de materiales en un proceso productivo.

- **Diagrama de flujo analítico:** Representa gráficamente las secuencias de un producto o procedimiento, señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo correspondiente.
- **Diagrama de flujo funcional:** Incorpora a las unidades organizacionales involucradas en cada paso del proceso, resultando particularmente útil para identificar responsabilidades en la asignación de costos.
- **Diagrama de recorrido:** Complementa el análisis con información sobre movimientos físicos y distancias, esencial para la identificación de costos logísticos internos.

El uso adecuado de diagramas de flujo en el análisis y diseño de sistemas de costos para impresión 3D permite no solo documentar procesos, sino también cuantificar con precisión los recursos consumidos en cada fase, facilitando la implementación de un sistema de costeo que refleje fielmente la realidad operativa y económica de esta tecnología emergente.

Figura 7

Significado de los elementos para la elaboración de diagramas de flujo

SIMBOLO	SIGNIFICADO	INSTRUCCION
	Operación, actividad	Describir en forma concisa la acción o actividad.
	Decisión	Anotar la pregunta sobre la que se decidirá.
	Transporte	Indicar el proceso o actividad al cual se traslada.
	Documento Impreso	Anotar el nombre del documento que se genera.
	Inicio, Fin	Indica el inicio o fin de un proceso
	Conector	Indica traslado del proceso, numerar.
	Almacenamiento, Archivo	Anotar el nombre o lugar del archivo
	Demora, Espera	Anotar que espera
	Inspección, Control	Indicar que se revisa
	Sentido del flujo	Siempre se debe indicar el sentido
	Transmisión electrónica De datos	Indicar a dónde va

Fuente. Tomado de Gestión por Procesos por Agudelo y Escobar.

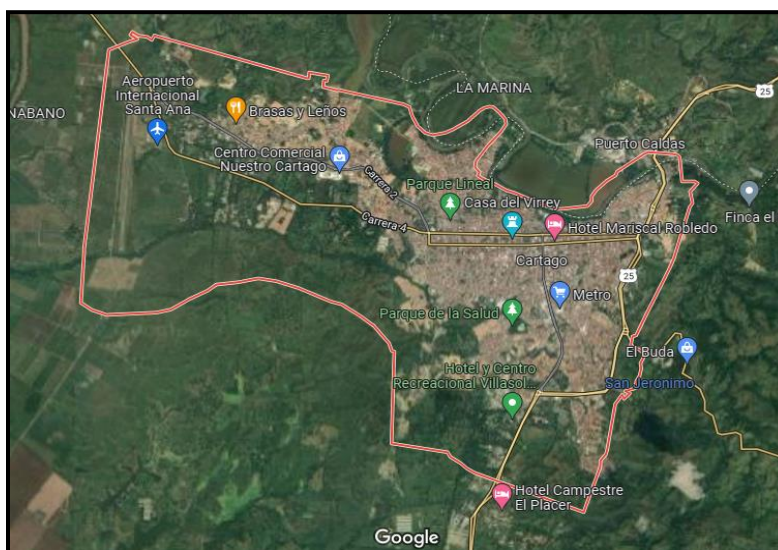
Marco Contextual

Para dar claridad, se expone brevemente la creación y aspectos importantes del laboratorio al que va dirigido este proyecto de grado, además, de una descripción geográfica del Municipio de Cartago, Valle del Cauca.

“Cartago cuenta con una población aproximada de 135.365 Habitantes, su extensión es de 279 Km², se encuentra a 917 metros sobre el nivel del mar, a través de este pasaban dos ríos llamados Cauca y La Vieja, su terreno es plano y ligeramente ondulado, limita con los municipios de Ansermanuevo, Obando, Ulloa y Alcalá.” (Alcaldía de Cartago, s.f.).

Figura 8

Mapa de Cartago, Valle del Cauca



Fuente. Obtenido a través de Google Maps.

Como lo expresó el docente Duran en la entrevista (véase anexo A) el laboratorio de impresoras 3D vio sus inicios en el año 2020 como proyecto práctico para el disfrute de la comunidad universitaria de la seccional Cartago, especialmente para los estudiantes de electrónica, con la ayuda del director Fernando, que direccionó los recursos para adquirir esta tecnología, con el fin poner a la sede a la vanguardia de nuevas herramientas como lo es la impresión 3D.

Los recursos destinados para este proyecto surgieron a través de la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación - OTRI “encargada de la articulación entre la Universidad y el

entorno socioeconómico. Dirigida a potenciar y difundir el papel de la Universidad del Valle como elemento esencial del sistema nacional regional de innovación.” (Universidad del Valle, s.f.).

Figura 9

Impresoras 3D usadas en el laboratorio



Fuente. Elaboración propia.

Pese a que inicialmente se fundó con propósitos netamente educativos, se identificó un posible potencial para el desarrollo de una línea de productos impresos con esta tecnología, que podría generar beneficios no solo académicos sino monetarios para el laboratorio, esta idea luego se transformaría en la elaboración de distintos productos souvenirs con temática de la universidad.

Figura 10

Productos souvenir de la Universidad del Valle Seccional Cartago



Fuente. Elaboración propia.

Competidores

Frente a la idea de incursionar en un mercado naciente en el municipio de Cartago, se presentaron dos competidores que son clave en la segmentación del mercado en el sector, por lo que fue inevitable tener en cuenta su oferta y manejo en el nicho de impresión 3D; estas empresas son:

Impresión 3D2, especializada en la producción de elementos 3D para estructuras y diseños inmobiliarios; la empresa Impresiones 3D Cartago, se enfoca en todo tipo de figuras, gadgets y herramientas para uso personal.

3DFactory y 3D Crear, son negocios que destinan sus diseños y producción a todo tipo de artículos que se puedan crear a través de esta tecnología, especialmente letreros, logos y personajes digitales o de ficción.

Figura 11

Ubicaciones competidores



Fuente. Obtenido a través de Google Maps.

Marco Legal

Dado que la impresión 3D permite reproducir y crear objetos a partir de un modelo digital, surgen diversas implicaciones legales, bajo decretos y leyes que protegen la propiedad intelectual. Por tanto, se analizará esta normatividad con el fin de comprender sus limitaciones legales.

Cuadro 1

Marco legal

No	Fecha de expedición	Expedido por	Tipo de Norma	Descripción de la Norma	Artículos
1	24 de julio del 2000	El Congreso de Colombia	Ley 599	De los delitos contra los derechos de autor.	https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6388
2	28/0/1982	El Congreso de Colombia	Ley 23	Por el cual los autores de obras literarias, científicas y artísticas gozarán de protección para sus obras en la forma prescrita por la presente Ley y, en cuanto fuere compatible con ella, por el derecho común.	
3	Mayo 26 del 2015. Actualización: 22 de diciembre de 2023	El presidente de la República de Colombia	Decreto 1078	Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector de tecnologías de la información y las comunicaciones.	https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77888

Fuente. Aportación propia a partir de la normatividad colombiana.

Capítulo 3 Diseño de Investigación

Este capítulo presenta la metodología de investigación aplicada para el diseño de un sistema de costos en la producción de impresos 3D con tecnología FDM. Se describen el tipo, diseño y enfoque metodológico, el alcance investigativo, las fuentes de información y las técnicas de recolección de datos empleadas en el análisis del caso específico del Laboratorio de Univalle sede Cartago.

Tipo de investigación

La investigación que se planteó para el presente trabajo, se basó en el tipo descriptivo, la cual siguiendo a Sampieri (2014) con “los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas” (p. 92).

A partir de lo anterior, esta investigación abordó situaciones y eventos que ayudaron a medir, evaluar y recolectar datos contables y de producción, realizando análisis de la información obtenida, y generando los procedimientos contables requeridos en la medición del costo, indagando por sistema pertinente para el proceso de producción de Impresos 3D, que permitiese la generación de información de costos, así como de rentabilidad económica.

Diseño y métodos de investigación

El presente estudio aplicó, dentro del marco metodológico, el método de análisis-síntesis descrito por Méndez (2020), el cual consiste en descomponer el objeto de estudio en sus partes constitutivas para luego integrarlas en una visión comprensiva del todo. Esta lógica metodológica resulta coherente con el paradigma interpretativo, en tanto permite construir sentido a partir de las interrelaciones entre los componentes.

En cuanto al diseño de investigación, se adoptó un estudio de caso, dado que el objetivo de este trabajo es comprender a profundidad un fenómeno particular la aplicación del sistema de

costos por órdenes de producción en el contexto del laboratorio de impresión 3D desde una perspectiva situada y contextual. Esta estrategia permitió observar directamente las prácticas contables y operativas del entorno investigado, favoreciendo un análisis detallado que articula los datos empíricos con la comprensión teórica.

En el caso específico del laboratorio, el método de análisis-síntesis facilitó el desglose de los elementos del sistema de costos como los insumos, las fases operativas y las dinámicas internas, lo que permitió identificar patrones relevantes y reconstruir una comprensión contextualizada del proceso contable y productivo, valorando sus factores críticos y su eficiencia.

Enfoque de investigación

El enfoque cualitativo responde al criterio de validez interna, en forma diferente. Se acepta que el investigador cualitativo obtiene medidas de mayor validez interna, porque sus observaciones no estructuradas le permiten recoger más matices de los hechos en estudio.

Para llegar a conclusiones válidas, hace uso de la "estrategia totalista u holística", permitiéndole identificar sistemáticamente todos los efectos y causas de un fenómeno, pero puede a la vez llegar a conclusiones subjetivas y no empíricas, por ello debe usar la triangulación de los datos, o sea, usando otros individuos en el proceso, también puede limitar las conclusiones a aquellas que pueden ser defendidas con base en la claridad y detalle de las observaciones o entrevistas. (Barrantes, 2002, p. 69-70).

El método cualitativo o método no tradicional: De acuerdo con Bonilla y Rodríguez (como se citó en Bernal, 2010) se orienta a profundizar casos específicos y no a generalizar. Su preocupación no es prioritariamente medir, sino cualificar y describir el fenómeno social a partir de rasgos determinantes, según sean percibidos por los elementos mismos que están dentro de la situación estudiada. (p. 60).

El enfoque cualitativo según Barrantes y Bernal, fue valioso en este tipo de investigación porque permitió comprender experiencias, percepciones, contextos sociales. Además, de conocimiento detallado de situaciones específicas, facilita encontrar aspectos no considerados inicialmente y recoger matices de los hechos en estudio. De igual manera, permite que las personas estudiadas expresen su propia realidad; respaldando así, la aplicación de entrevistas, encuestas; al

igual que, material fotográfico que documentan visualmente contextos y situaciones propias de la investigación, como lo es el proceso de producción.

Alcance de la investigación

Sector objeto de estudio

“Se define a la unidad de análisis como una estructura categórica a partir de la cual podemos responder a las preguntas formuladas a un problema práctico, así como a las preguntas de investigación.” (Sampieri, 2014, p. 103).

El programa de pregrado de Tecnología e Ingeniería Electrónica, cuenta con un Laboratorio de Electrónica. El cual, es el área de operación de las impresoras 3D dentro de la Universidad del Valle Sede Cartago, siendo este el sector de análisis para el presente proyecto.

Según finalidad

Investigación aplicada: su finalidad es la solución de problemas prácticos para transformar las condiciones de un hecho que nos preocupa. El propósito fundamental no es aportar al conocimiento teórico. (Barrantes, 2002, p. 64)

Enfoca y aborda directamente la solución de un problema practico ya identificado, generando que los resultados obtenidos se apliquen útilmente en el tema de estudio, proporcionando cambios que mejoran la realidad de este.

Según el alcance temporal

Estudios transversales (sincrónicos): estudian aspectos y desarrollo de los sujetos en un momento dado. (Barrantes, 2002, p. 64)

Analiza aspectos y situaciones concretas en un momento determinado. Específicamente la fotografía es un claro ejemplo de este, ya que permite obtener información relevante para entender las condiciones de un fenómeno en estudio en el momento preciso.

Según el carácter de la medida

Cualitativa: estudia, especialmente, los significados de las acciones humanas y de la vida social. Utiliza la metodología interpretativa. (Barrantes, 2002, p. 65)

Profundiza en entender los significados, acciones y experiencias de la vida humana o social. comprende aspectos subjetivos, percepciones y motivaciones, analiza testimonios, documentos para comprender mediante una visión holística y contextualizada el caso en estudio.

Según el marco en que tienen lugar

De campo o sobre terreno: son estudios que se realizan en situaciones naturales y que permiten con mayor libertad generalizar los resultados a situaciones afines. No permite un riguroso control como en el laboratorio (Barrantes, 2002, p. 65).

Estudia los fenómenos en condiciones naturales sin ninguna alteración, esta peculiaridad aumenta la validez, autenticidad y relevancia de los hallazgos, porque se realiza directamente donde sucede, dando lugar para que los resultados puedan generalizarse a situaciones similares, aunque posee menos control que los de un laboratorio o ambiente controlado.

Según la dimensión temporal

Descriptiva: estudia los fenómenos tal y como aparecen en el presente, en el momento de realizar la investigación. Incluye gran variedad de estudios cuyo objetivo es describir los fenómenos (diagnostico, estudio de casos, correlaciones, etc.) (Barrantes, 2002, p. 65).

Se enfoca en el estudio de los fenómenos tal y como se presentan exactamente, en el momento actual de la investigación. su valor radica en que permite crear un diagnóstico con precisión de la situación presente, estableciendo correlaciones entre variables, identificando problemas actuales que requieren solución.

Según la orientación que asume

Orientada a la explicación: busca dar respuestas a problemas concretos para la toma de decisiones, ya sea para cambiar o mejorar la práctica (investigación acción, investigación in situ) (Barrantes, 2002, p. 66).

Permite responder a problemas específicos y proponer soluciones concretas, su aplicación práctica inmediata cambia o mejora la situación de estudio.

Las diferentes fases, variantes o parámetros anteriormente mencionadas, forman un gran aporte al proyecto de investigación concediendo un enfoque, análisis, comprensión de los

fenómenos de estudio en condiciones naturales sin alteraciones, permitiendo dar respuesta a las problemáticas específicas que se presentan en la investigación.

Fuentes de investigación

Siguiendo a Torres et al. (2014), las fuentes de información son todos aquellos medios de los cuales procede la información, que satisfacen las necesidades de conocimiento de una situación o problema presentado, que posteriormente será utilizado para lograr los objetivos esperados. De acuerdo a su origen se clasifican en: primarias y secundarias.

Las fuentes primarias son aquellas en las que los datos provienen directamente de la población o muestra de la población, mientras que las fuentes secundarias son aquellas que parten de datos preelaborados, como pueden ser datos obtenidos de anuarios estadísticos, de Internet, de medios de comunicación. (p. 3).

Para este proyecto, las fuentes primarias, que se abordaron fueron las siguientes:

- Entrevistas realizadas a profesores a cargo del Laboratorio.
- Entrevistas a los operarios de las impresoras 3D
- Levantamiento fotográfico y de procesos de la Impresión 3D

Con relación a las fuentes secundarias que dieron soporte a la investigación, se utilizaron principalmente libros de consulta, artículos y revistas científicas, documentos académicos, que se pueden evidenciar en las Referencias de este documento. De manera particular los libros más importantes para la investigación fueron:

- La impresión 3D de Mathilde Berchon y Bertier Luyt
- Gestión por procesos de Luis Fernando Agudelo y Jorge Escobar
- Contabilidad administrativa de Ray H. Garrison, Eric W. Noreen y Peter Brewer
- Contabilidad de costos de Gonzalo Sinisterra

Tabla 6*Fuentes de investigación*

Fuentes	Contacto	Técnicas	Instrumentos
Primarias	Virtual	Entrevista (ANEXO)	Guía de entrevista
	Presencial	Observación Mapa de procesos.	Guía de observación (fotográfico)
Secundarias:	Referencias bibliográficas, revistas científicas y libros, tales como: Scielo, Cuevas, Sampieri, Krajewski, Sinisterra, Casanova, Barrantes y Bernal, entre otros.		

Fuente: Elaboración propia**Técnicas e instrumentos de investigación**

De acuerdo a Martínez (2013 p. 3), las Técnicas de investigación son métodos sistemáticos utilizado para recopilar y analizar información, con el fin de responder a una pregunta o resolver un problema específico. La técnica propone las normas para ordenar las etapas del proceso de investigación, de igual modo, proporciona instrumentos de recolección, clasificación, medición, correlación y análisis de datos, y aporta a la ciencia los medios para aplicar el método. Las técnicas permiten la recolección de información y ayudan al ser del método.

Teniendo en cuenta que en el anterior apartado se hizo mención de las técnicas e instrumentos de investigación que se utilizaron fueron las siguientes:

- Entrevista: La entrevista es una técnica de investigación que involucra la interacción directa entre el entrevistador y el entrevistado con el objetivo de obtener información y opiniones detalladas sobre un tema específico (Medina et al. 2023 p. 26). Con relación a este proyecto las entrevistas realizadas fueron de carácter estructurada y se realizaron de forma virtual para el proyecto.
- La técnica de observación: es un método de investigación en el que se registra y analiza el comportamiento y las acciones de individuos, grupos o fenómenos en su entorno natural. La observación se puede realizar de forma sistemática y controlada, o de manera más informal y descriptiva. (Medina et al. 2023 p. 20). Para esta investigación

se realizaron diversas visitas de observación al laboratorio de electrónica y al proceso de producción de impresos 3d. La observación es fundamental por lo que permitió observar cuando se efectúa una actividad al instante de manera objetiva y planificada, siendo esta una percepción u observación no participante de los hechos o situación en contexto.

- Mapa de Procesos: Esta herramienta es fundamental para la comprensión del proceso productivo, se aplicó al proceso de producción de impresos 3D.

Tabla 7

Técnicas e instrumentos de investigación

Objetivos específicos	Fuentes	Técnicas
Identificar los principales aspectos que integra una línea de producción de impresos 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago.	Encargado (Área de Extensión de la sede) del proyecto dentro de la Univalle Campus del Rosario.	Entrevista Observación Mapa de procesos
Establecer los insumos y elementos del costo que son utilizados en la producción de impresos en 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Cartago.	Referencias teóricas, libros y documentos acordes a sistemas de costos Ricardo Alfredo Rojas Medina "Sistemas de Costos Un Proceso para su Implementación. Gonzalo Sinisterra Valencia "Contabilidad de Costos".	Lista de chequeo Inventario de insumos Entrevista
Relacionar un sistema de costos pertinente para la línea de producción de impresos en 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago.	Información recolectada, tratada y analizada en las etapas anteriores. Análisis de las Lecturas Guías.	Entrevista Observación Sistema de costos para la línea de producción

Fuente: Elaboración propia

Fases de investigación

- Identificación componentes línea de producción de impresión 3D: Se realizaron visitas pertinentes a la Universidad, para identificar los productos que se fabrican y los que se podrían anexar a las líneas de producción de impresos en 3D.

- Insumo y elementos del costo para impresos 3D: Se realizó el debido tratamiento a la información que se obtuvo en las visitas programadas, aplicando herramientas de base de datos y conocimiento sobre el funcionamiento del costeo, que permita elaborar clara y objetivamente un análisis de la información.
- Sistema de costos pertinentes para la línea de producción de impresos 3D: Se realizó el debido tratamiento a la información que se obtuvo en las visitas programadas, aplicando herramientas de base de datos y conocimiento sobre el funcionamiento del sistema de costeo, que permita elaborar clara y objetivamente un análisis de la información.

Capítulo 4 Principales aspectos de la línea de producción de impresos 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago

El presente capítulo desarrolla el análisis diagnóstico de la línea de producción de impresos 3D del Laboratorio de la Universidad del Valle Seccional Cartago, constituyendo la base empírica fundamental para el diseño del sistema de costos propuesto. Se examinan los aspectos técnicos de la tecnología de impresión 3D implementada, se analiza integralmente el proceso productivo y se realiza el seguimiento detallado de las operaciones desarrolladas en el laboratorio, proporcionando los elementos necesarios para la caracterización del contexto productivo objeto de estudio.

Aspectos técnicos de la tecnología de impresión 3D

Tipos de impresión 3D

Antes de abarcar el proceso involucrado en la producción del laboratorio, debemos tener claro la tecnología usada en las impresoras 3D, debido a que existen diferentes formatos como:

La impresión por fotopolimerización, según Berchon y Luyt (2016) “un proceso de impresión 3D que emplea polímeros líquidos que se solidifican al contacto con la luz. Está en la base de la técnica más antigua de impresión 3D, la estereolitografía. También la utilizan las tecnologías DLP (Digital Light Processing, en español “Procesado Digital de Luz”) y PolyJet.” (p. 18).

La impresión 3D por fusión de lechos de polvo, Berchon y Luyt (2016) menciona que, “la impresión 3D mediante aglomeración de polvo agrupa los procesos de sinterización láser SLS y DMLS, además de las técnicas E-Beam, EBF3 y 3DP. Su particularidad consiste en que utiliza el polvo como material principal, aglomerándolo mediante diversas técnicas. La principal ventaja del polvo es que permite imprimir en una gran variedad de materiales, siendo el metal uno de los grandes avances en este terreno.” (p. 24).

La impresión 3D por encolado de papel, Berchon y Luyt (2016) afirma que “el laminado por depósito selectivo, o SDL (selective deposition laminated) difiere del resto de procesos de fabricación aditiva. Consiste en el corte progresivo de hojas de papel, que son encoladas unas con otras con la ayuda de una sustancia adhesiva depositada de manera selectiva. En la zona que

terminará conformando el objeto se coloca mayor densidad de cola y en las zonas que servirán de soporte se acumula menor densidad. A cada hoja de papel, un lecho térmico de impresión va pegando las capas y prensándolas. Una vez la hoja queda encolada, una cuchilla la corta”. (p. 33).

Por otro lado, las impresoras del laboratorio utilizan la técnica llamada "Fused Deposition Modeling" por sus siglas en inglés FDM o "Modelado por Deposición Fundida" en español. De acuerdo a Berchon y Luyt (2016) consiste en “depositar sucesivamente un filamento de plástico o metal. Una boquilla de extrusión, a través de la cual pasa el filamento, va depositando el material siguiendo el trazado definido por el archivo digital. Se calienta a más de 185 °C, fundiendo el material a medida que imprime. El material es depositado en capas muy finas (una media de 0,04 mm de grosor). El objeto se construye, por lo tanto, capa por capa, de la base a la cima”. (p. 31).

Figura 12

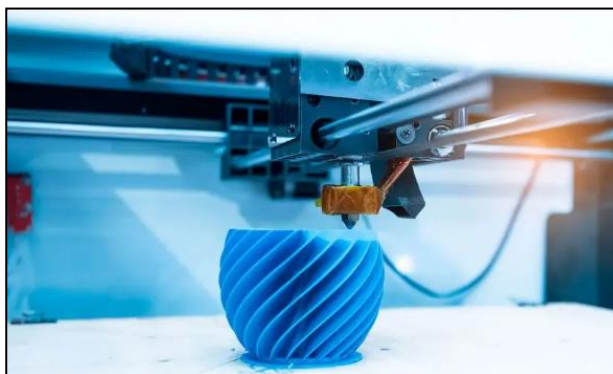
Modelos de impresión 3D por fotopolimerización (1), Fusión de lechos de polvo (2), Encolado de papel (3)



Fuente: <https://actualidad.aidimme.es>, <https://www.istockphoto.com>, <https://www.3dnatives.com>

Figura 13

Modelado por Deposición Fundida



Fuente: <https://innovacion-tecnologia.com>

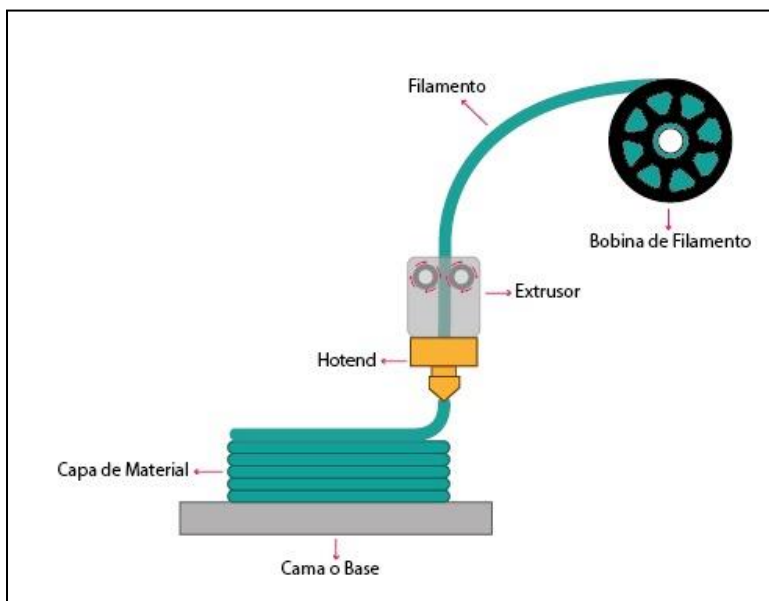
Componentes de las impresoras 3D

Para profundizar un poco más sobre las impresoras en 3D, es importante destacar sus partes y cómo funcionan, entendiendo mejor su estructura y proceso de fabricación. Asimismo, las máquinas 3D poseen semejanzas en su sistema; teniendo presente esto, los 3 ejemplares de impresión del laboratorio presentan un soporte principal, donde se ensamblan los componentes, hecha de aluminio, resistente y estable.

En cuanto, al extrusor y al hotend; tenemos que el primero se encarga de empujar el filamento a través del hotend; mientras que este, lo funde y deposita en la cama a través de la boquilla; por lo que, la cama de impresión es la plataforma en la que se adhiere la primera capa y se forma la impresión 3D. También, poseen una pantalla LCD e interfaz, que permite controlar la impresora y su configuración, conexión USB para transferencia de archivos, sensores que permiten monitorear y detectar la falta de filamento suspendiendo así, la impresión mientras se realiza el cambio, de nivelación automática para la cama de impresión, botón de reset para, reiniciar la impresora en caso de error. De igual forma, disponen de una fuente de alimentación, que convierte la corriente eléctrica alterna en continua, generando una corriente adecuada para los equipos de impresión 3D.

Figura 14

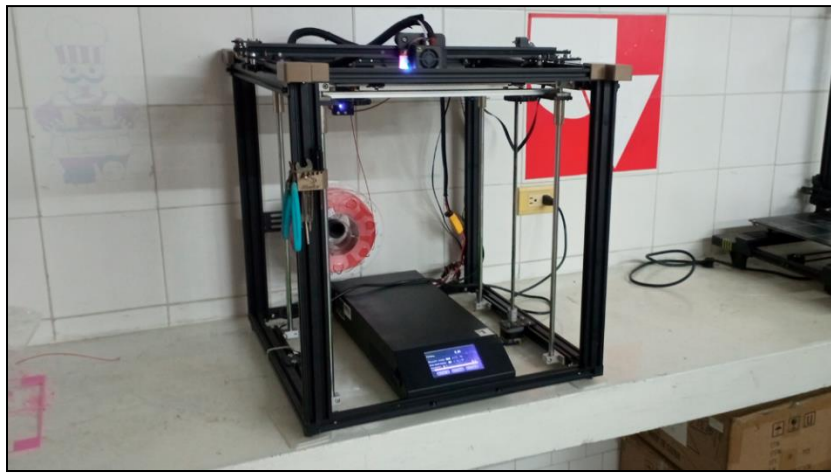
Esquema del funcionamiento de la técnica de modelado por deposición fundida



Fuente. Elaboración propia a partir del análisis del funcionamiento de las impresoras 3D.

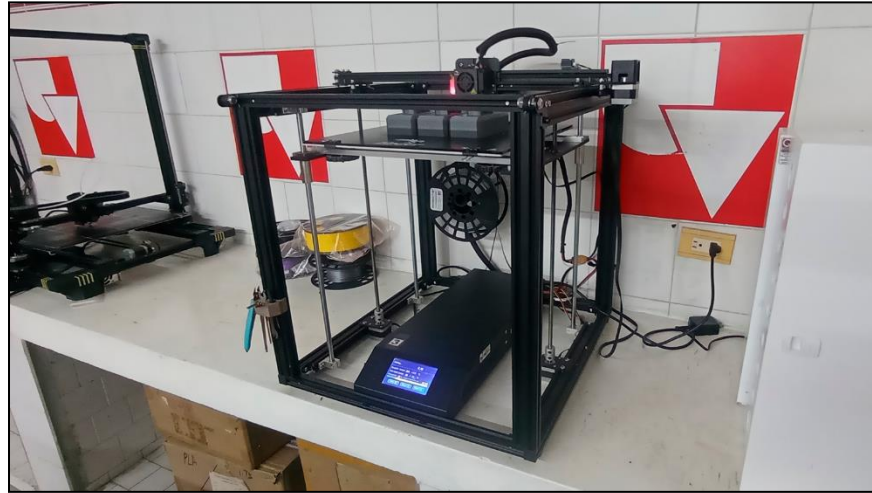
Impresoras 3D disponibles en la Universidad del Valle seccional Cartago

Con base a lo anterior, se presenta mediante fotografía, las máquinas de impresión 3D, que se encuentran presentes en las instalaciones de la universidad del Valle, Seccional Cartago, con sus características.

Figura 15***Ender 5 Plus***

Fuente. Fotografía tomada en el área de producción.

Esta impresora cuenta con un área de impresión de 350x350x400mm, tiene una boquilla con un diámetro de 0,4mm, esta puede alcanzar una temperatura de hasta $\leq 260^{\circ}\text{C}$, por otro lado, la cama caliente puede llegar $\leq 110^{\circ}\text{C}$, admite filamentos de tipo PLA y ABS.

Figura 16*Ender 5 Pro*

Fuente. Fotografía tomada en el área de producción.

Esta impresora cuenta con un área de impresión de 220x220x300 mm, tiene una boquilla con un diámetro de 0,4mm, esta puede alcanzar una temperatura de hasta $\leq 250^{\circ}\text{C}$, por otro lado, la cama caliente puede llegar $\leq 80^{\circ}\text{C}$, admite filamentos de tipo PLA, ABS, PETG.

Figura 17*Anycubic Chiron*

Fuente. Fotografía tomada en el área de producción.

Esta impresora cuenta con un área de impresión de 400x400x450 mm, tiene una boquilla con un diámetro de 0,4mm, esta puede alcanzar una temperatura de hasta $\leq 260^{\circ}\text{C}$, por otro lado, la cama caliente puede llegar $\leq 100^{\circ}\text{C}$, admite filamentos de tipo TPU, PLA, ABS y HIPS.

Dentro de las ventajas más relevantes, Fernández y Méndez (2020) comparten que esta tiene “gran variedad de materiales disponibles, impresoras económicas y pequeñas, no se producen residuos (sólo en los soportes de impresión) y la impresión de piezas huecas o muy porosas es rápida”. (p. 2).

Por lo tanto, la impresión 3D en su técnica de FDM presenta una gran versatilidad para producir piezas con infinidad de propósitos siendo una tecnología de baja inversión, ideal para proyectos en los que se quiere introducir en la manufactura de piezas personalizadas, como es el caso del laboratorio de la Universidad.

Análisis General de proceso productivo de impresión 3D

En primera instancia es necesario identificar elementos claves del proceso productivo de impresión 3D, en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago, es necesario de manera inicial, reconocer que como tecnología de manufactura requiere unos procesos mínimos para su funcionamiento, el cual se puede abordar a partir de la siguiente imagen, donde se muestra un diagrama de flujo detallado que representa el proceso completo de impresión 3D, desde la solicitud inicial del cliente hasta la entrega del producto final. A continuación, se identifica el abordaje respectivo:

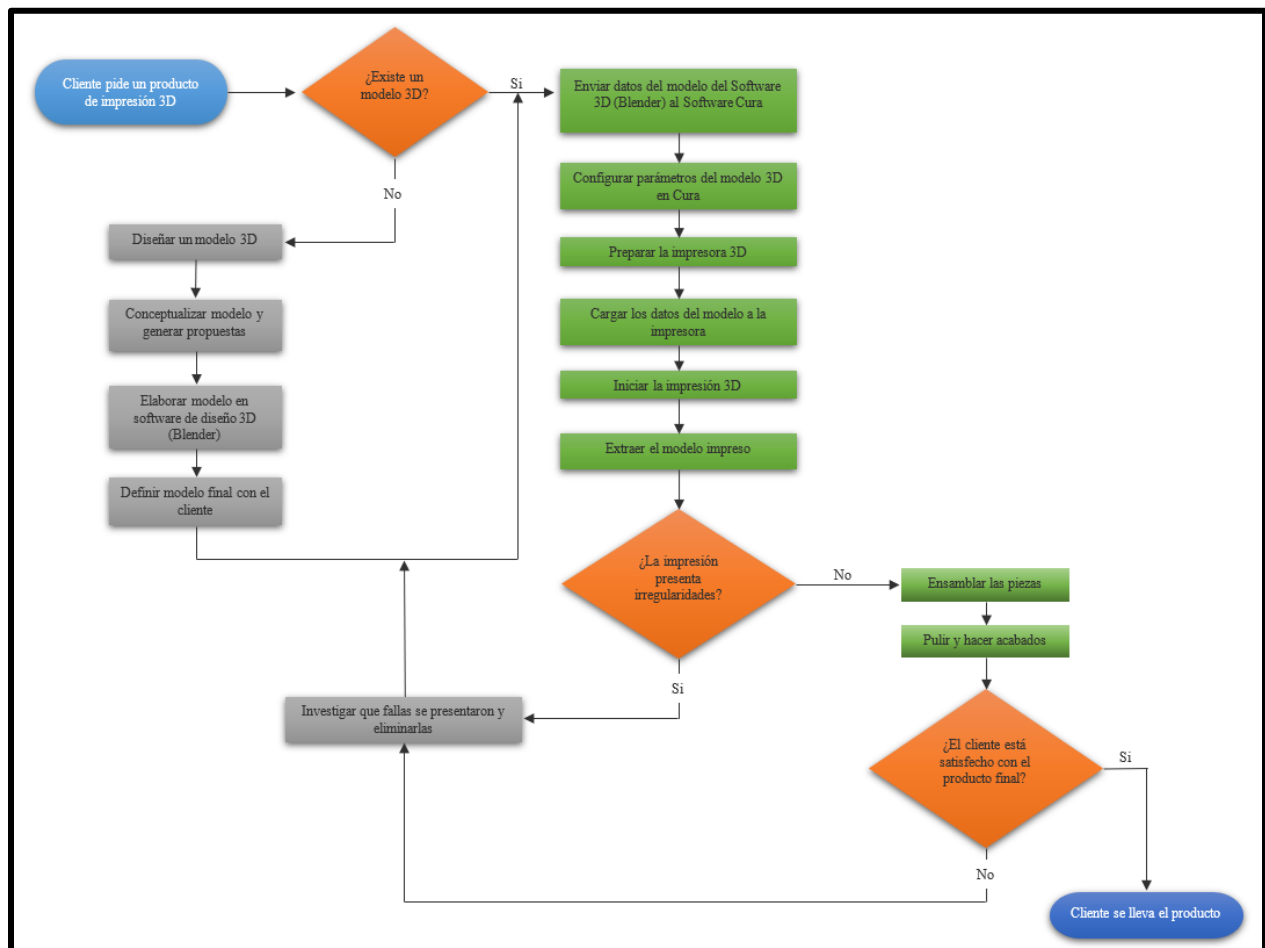
Fase de Diseño

La fase de diseño constituye el fundamento creativo y técnico de todo el proceso de impresión 3D, iniciándose cuando se determina que no existe un modelo previo para el producto solicitado. Durante esta etapa, el diseñador debe interpretar las necesidades del cliente y transformarlas en especificaciones técnicas viables, comenzando con la conceptualización del modelo donde se generan diversas propuestas visuales que capturan la esencia funcional y estética del producto deseado. Posteriormente, estas ideas se materializan digitalmente mediante el *software de modelado Blender*, que permite crear representaciones tridimensionales precisas con

todas las características geométricas necesarias para una fabricación exitosa, culminando esta fase con una revisión exhaustiva junto al cliente usuario, para validar que el diseño cumpla con sus expectativas antes de avanzar hacia la producción física. El éxito de esta fase depende de la comunicación efectiva entre diseñador y cliente, así como del dominio técnico del software de modelado 3D, pues cualquier error o imprecisión en el diseño digital se transferirá inevitablemente al producto físico final.

Figura 18

Proceso productivo en la línea de impresos 3D



Fuente: Elaboración propia a partir del recorrido del proceso de producción.

Fase de Producción

La fase de producción transforma el modelo digital aprobado en un objeto físico tangible mediante un proceso técnico que comienza con la exportación del archivo desde *Blender* hacia el software *Ultimaker Cura*, donde se configura una amplia gama de parámetros críticos como la densidad de relleno, velocidad de impresión, temperatura del extrusor y generación de estructuras de soporte. Esta configuración determina la calidad final de la pieza, y también el tiempo de producción y cantidad de material consumido, factores directamente vinculados al costo del producto. A continuación, el operario prepara meticulosamente la impresora verificando la nivelación de la plataforma, cargando el filamento adecuado y realizando una limpieza preventiva del extrusor, para finalmente transferir los datos configurados a la máquina e iniciar el proceso físico de deposición del material fundido capa por capa.

Durante la fabricación, el sistema opera con autonomía parcial mientras el operario realiza supervisiones periódicas para detectar posibles anomalías como desprendimientos de material, obstrucciones del extrusor o deformaciones, interviniendo preventivamente cuando es necesario para evitar fallos completos que desperdiciarían recursos. Al completarse la impresión, se debe esperar el tiempo adecuado para que la plataforma se enfríe y el material se estabilice, permitiendo la extracción segura del modelo sin riesgos de deformación o fractura, momento en que la pieza pasa de ser un concepto digital a convertirse en un objeto físico real, aunque todavía requiere procesamiento adicional para alcanzar su estado final óptimo.

Fase de Control de Calidad y Acabados

Esta fase representa un filtro crítico donde cada pieza impresa es sometida a una evaluación para identificar posibles imperfecciones como líneas de capa visibles, deformaciones estructurales, vacíos internos o adherencias residuales que comprometan su funcionalidad o estética. Cuando se detectan irregularidades significativas, se activa un proceso de investigación técnica para determinar si las causas radican en el diseño digital, en la configuración de parámetros de impresión o en el funcionamiento del equipo, aplicando acciones correctivas específicas que pueden implicar desde ajustes menores hasta la reimpresión completa de la pieza. Para productos

compuestos por múltiples elementos, esta fase incluye el proceso de ensamblaje donde se utilizan adhesivos especializados para lograr uniones resistentes y precisas entre componentes, seguido de procedimientos de acabado como lijado progresivo, aplicación de solventes suavizantes o recubrimientos decorativos que elevan significativamente la calidad percibida del producto. El ciclo concluye con una validación final donde el cliente evalúa si el producto materializa fielmente su expectativa inicial, considerando aspectos funcionales, dimensionales y estéticos.

Conclusión Del Proceso

La conclusión se presenta cuando el cliente recibe el producto a satisfacción, de acuerdo a los criterios de calidad y cumplimiento acordados. Cada proyecto completado enriquece el repositorio de conocimientos del laboratorio, aportando nuevos modelos 3D reutilizables, soluciones técnicas innovadoras y parámetros de producción optimizados que incrementan progresivamente la eficiencia y capacidad técnica del sistema.

Seguimiento del proceso productivo en el Laboratorio de la Universidad del Valle Seccional Cartago

Continuando con el proceso productivo del laboratorio, en la Universidad del Valle, este se inicia cuando el cliente o consumidor necesita algún producto específico, por ello el operario de las impresoras 3D se debe reunir con él para identificar si se requiere un diseño digital desde cero o ya cuenta con uno, en el caso de no tenerlo se iniciará el proceso de modelado 3D.

Fase de diseño en el laboratorio

Conceptualizar idea, a partir de las especificaciones expuestas por el cliente, se realizan diferentes propuestas que permitan llevar la idea a la realidad.

Elaborar modelo 3D, teniendo clara la idea del producto, el operario o diseñador encargado del modelado, a través del software Blender que es de uso libre, construirá una versión digital de la idea, cabe aclarar que, dependiendo de su complejidad, un modelado 3D puede tardar más o menos tiempo, por lo que es necesario ser eficiente en la construcción de la misma.

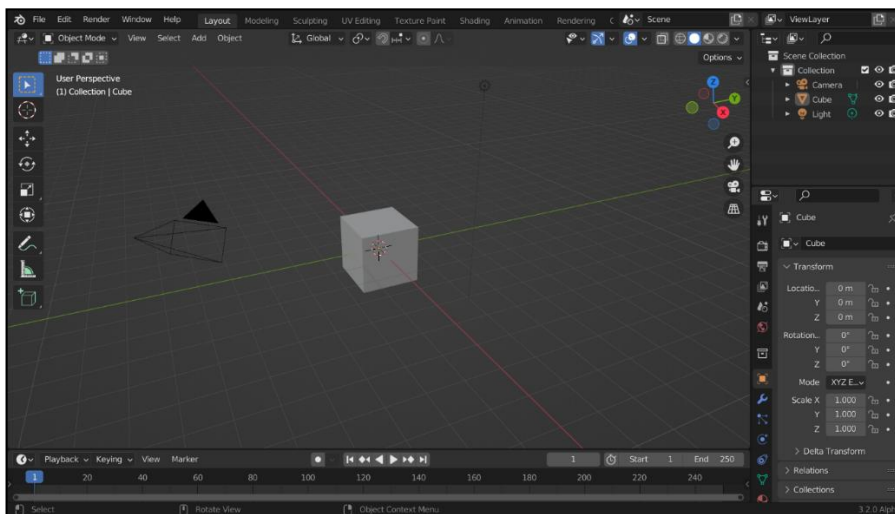
Definir el modelo final, en esta fase se identificará y definirá si el modelo 3D cumple con las especificaciones impuestas por el cliente, teniendo este la última palabra sobre la viabilidad del producto digital. (ver siguiente figura).

Una vez decidido el modelo digital, el operario debe ordenar y adecuar el modelo para que la impresora 3D pueda interpretarla, por lo que el siguiente paso es.

Enviar datos del Software Blender a Ultimaker Cura, según Berchon y Luyt (2016) cuando “haya sido creado con ayuda de un modelador, de un escáner o descargado de internet de una biblioteca de archivos, el modelo 3D del objeto que se va a imprimir tendrá que hallarse en formato de exportación STL para que pueda lanzarse la impresión.” (p. 97)

Figura 19

Interface del Software Blender



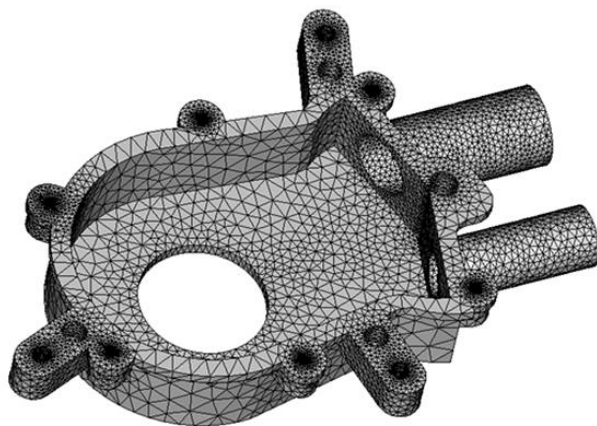
Fuente. Tomado de Blender.org.

Cabe aclarar que, “un archivo STL describe la geometría de superficie del objeto en 3D por medio de un mosaico de triángulos, en el que cada uno ha de compartir dos aristas con los triángulos adyacentes (en consecuencia, cada arista tiene en común dos caras). Conocemos la posición de sus tres puntas, así como la orientación de su cara, indicada por su normal. Por otro lado, todas las caras deben estar orientadas hacia el exterior. La calidad de la impresión 3D depende en parte de la finura del tejido de este mosaico” (Berchon y Luyt ,2016, p. 97).

“Los archivos STL guardan información sobre los modelos 3D y describen su geometría. Eso sí, no conservan datos relativos a su textura, color o material. Únicamente conservan la superficie del objeto, que es lo que la impresora 3D imprimirá.” (Sicnova3d, s.f.).

Figura 20

Modelo 3D en formato STL

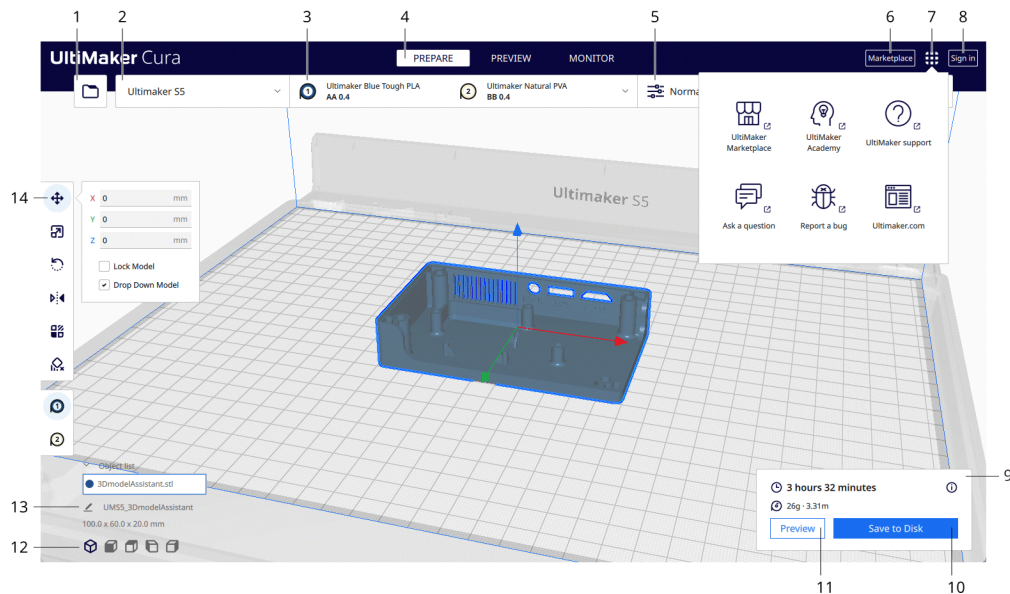


Fuente. Tomado de Sicnova3d.

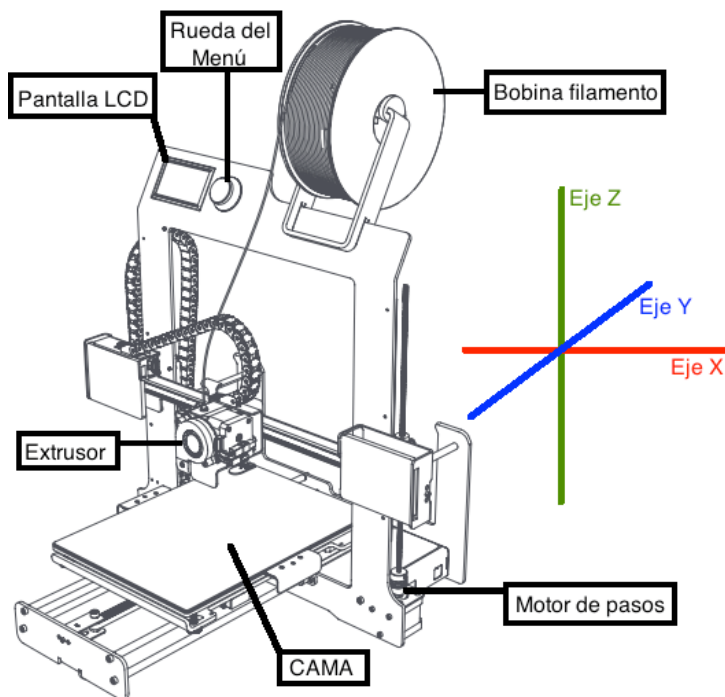
Configurar parámetros del software Ultimaker cura, cuando se exporta el archivo STL “pasa por un software (un slicer) que lo secciona en láminas de arriba abajo, aportando a la máquina todas las indicaciones necesarias para llevar a cabo la impresión: posicionamiento de la pieza, grosor de capa, cantidad de material a depositar, la velocidad del extrusor, la velocidad de desplazamiento de la boquilla térmica y velocidad de la bandeja, densidad de llenado de los objetos llenos, etc.” (Berchon y Luyt, 2016, p. 101).

“Ultimaker Cura es un rebanador o slicer gratuito cuya función es transformar el fichero en formato STL del modelo tridimensional en código G interpretable por la impresora. El proceso consiste en rebanar o cortar el objeto que se desea imprimir en múltiples capas en el sentido del eje Z.” (Fernández & Méndez, 2020) (p. 15).

Es importante recalcar que la configuración de los parámetros, puede llegar a ser determinante para la calidad final del producto, entendiéndose por ejemplo que, a mayor grosor de capa o relleno, se consumirá más filamento, pero su resistencia será superior, por lo que en este paso también se involucra las características necesarias que pide el cliente para su producto impreso.

Figura 21*Interface del Software Ultimaker Cura**Fuente. Tomado de Ultimaker Cura.****Fase de Producción del laboratorio***

Preparar la impresora 3D, antes de iniciar con la impresión se debe realizar un control de la maquina y verificar que sus diferentes ejes, correas y mecanismos se encuentren en buen estado. Según Berchon y Luyt (2016) “las impresoras personales que funcionan por depósito de filamento fundido exigen normalmente más comprobaciones y ajustes manuales que el resto de los modelos. Por ejemplo, es frecuente que se detengan las correas de transmisión que, conectadas a los motores, permiten que se muevan los ejes x e y. Nos arriesgamos, por tanto, a que sea menos precisa al desplazarse más libremente. De modo que hay que asegurarse de que las correas no cuelguen: al contrario, deben estar bien tensas como cuerdas de guitarra.” (p. 109).

Figura 22*Esquema de una impresora 3D con sus Ejes**Fuente. Tomado de sumergeteen3d.*

Además de revisar el estado de la máquina, se debe escoger el material (filamento) más adecuado para el producto impreso, en el caso del laboratorio, el más usado es el PLA, sin embargo, existen diferentes tipos de filamentos con características particulares.

Ácido poliláctico o PLA, según Cano y Serrano (2021) “es un plástico biodegradable que proviene de la fermentación de cultivos como el maíz o la patata. Se imprime a una temperatura de 220 °C y no necesita cama caliente. Es duro y fuerte, aunque no es muy resistente. No es tóxico” (p. 231).

Acrilonitrilo butadieno estireno o ABS, según Cano y Serrano (2021) “fue uno de los primeros materiales que se desarrolló para la impresión 3D. Es resistente al desgaste, al impacto, soporta grandes temperaturas y tiene un bajo coste. El gran inconveniente de este material es que se funde a temperaturas entre 240-250 °C, por lo que necesita cama caliente” (p. 231).

Elastómero termoplástico o TPE, según Cano y Serrano (2021) “es un material flexible que se deforma muy fácilmente, por lo que puede contrarrestar cualquier tipo de carga sobre él. Se

imprime a 230 °C y no es necesario el uso de cama caliente... Sus características han hecho que este filamento revolucione la industria textil y, gracias a él, sea posible imprimir ropa” (p. 232).

Polycarbonato o PC, según Cano y Serrano (2021) “es un material transparente que resiste muy altas temperaturas, ligeramente flexible y muy resistente al impacto. El mayor inconveniente es que es necesario imprimirlo a más de 280 °C, por lo que necesita una cama caliente a temperatura muy alta, entre 80-100 °C. Pese a esta desventaja, su aplicación es cada vez mayor debido a sus excelentes propiedades.” (p. 232).

Figura 23

Tabla comparativa de los diferentes filamentos

Material	Temperatura	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
Ácido poliláctico (PLA)	220 °C (no necesita cama caliente)	• Biodegradable • Proviene de fuentes renovables • Duro y fuerte • No tóxico	• No muy resistente • Menor resistencia térmica	• Prototipos • Objetos decorativos • Proyectos educativos • Juguetes
Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	240-250 °C (necesita cama caliente)	• Resistente al desgaste • Resistente al impacto • Soporta grandes temperaturas • Bajo coste	• Necesita cama caliente • Mayor dificultad de impresión • Emite gases durante la impresión	• Piezas mecánicas • Componentes industriales • Objetos que requieren durabilidad
Elastómero termoplástico (TPE)	230 °C (no necesita cama caliente)	• Flexible • Se deforma fácilmente • Contrarresta cargas	• Mayor dificultad para imprimir detalles finos • Menor precisión	• Industria textil • Ropa • Objetos que requieren flexibilidad
Polycarbonato (PC)	>280 °C (necesita cama caliente a 80-100 °C)	• Transparente • Resiste altas temperaturas • Ligeramente flexible • Muy resistente al impacto	• Requiere temperaturas muy altas • Necesita cama caliente a alta temperatura • Mayor dificultad de impresión	• Componentes ópticos • Piezas de ingeniería • Productos que requieren transparencia y resistencia

Fuente. Elaboración propia a partir de los conceptos de Cano y Serrano.

Cargar los datos del modelo a la impresora e inicio de la producción, una vez configurado los diferentes parámetros de la impresión y preparado la máquina, se hace el cargue de los datos del modelo, ya sea a través de una tarjeta SD, USB o incluso por Wifi, dependiendo de las utilidades que disponga la impresora, el operario introducirá la información pertinente para el inicio de la producción, además, este deberá estar pendiente de que el proceso de impresión no

presente alguna falla, en caso de presentarse, se debe revisar los errores y reiniciar el proceso de impresión.

Extraer el modelo impreso, finalizado el proceso de impresión, el operario esperará a que la temperatura de la cama o base descienda con el fin de no deformar la pieza a la hora de sustraerla, por ende, se deberá tener sumo cuidado y con el uso de una paleta o cuchilla si es necesaria para despegar el modelo de la cama base.

Fase de control de calidad en el laboratorio

Terminada la extracción del modelo 3D, se debe verificar que cumpla con las características especificadas por el cliente, su calidad e integridad, en caso de encontrar una irregularidad el producto debe ser desechado y el operario debe encontrar la causa para su posterior corrección y reinicio de la impresión.

Ensamble de las piezas, no todas las veces se tendrá un producto que solo este compuesto por una pieza, por lo general suelen ser de más, por lo que es necesario que el operario realice un proceso de unión de partes usando pegamento de secado rápido (Super Glue) para culminar la pieza.

Pulido y acabados finales, por último, el operario deberá dar los acabados como el pulido, realizado con acetona o papel de lija para dar un toque liso a la pieza, además de este, en algunos casos es necesario terminar las piezas con una capa de pintura.

Terminado el proceso productivo solo quedaría la validación del cliente sobre el producto.

La línea de impresos 3D, es uno de los productos que se pueden encontrar en la tienda souvenir de la Universidad del Valle Seccional Cartago. Los artículos de impresión 3D que se comercializan en esta incluyen productos como llaveros institucionales, tableros alusivos a la universidad y otros que se implementan como una distinción o premio según el logro obtenido. Cada uno de estos productos tiene características específicas que los diferencian de los demás y los hacen únicos.

Portafolio de productos de la Universidad del Valle Seccional Cartago

En el desarrollo del primer objetivo específico, se realizaron un reconocimiento fotográfico de los productos que se fabrican como estímulos académicos y los que se venden en la tienda de souvenir de la Universidad del Valle.

Figura 24*Manos conmemorativas*

Fuente. Obtenido de fuentes propias.

Este modelo impreso cuenta con un tamaño de 64.4 x130 x 124.8mm (largo, ancho, alto), consumiendo alrededor de 47.15 g o 141g de PLA, con un tiempo de impresión de 15 horas 35 minutos.

Figura 25

Logo Universidad del Valle



Fuente. Obtenido de fuentes propias.

Este modelo impreso cuenta con un tamaño de 186.5 x 134 x 6mm (largo, ancho, alto), consumiendo alrededor de 18.28 g o 55g de PLA, con un tiempo de impresión de 8 horas 6 minutos.

Figura 26

Manos Conmemorativas Con Logo



Fuente. Obtenido de fuentes propias.

En la figura 14 se puede apreciar el acabado final del modelo, que es conformado por dos piezas impresas por separado, que permite la construcción de elemento más complejo.

Figura 27

Logo Alta Gerencia



Fuente. Obtenido de fuentes propias.

Este modelo impreso cuenta con un tamaño de 29.7 x 29.7 x 8.8mm (largo, ancho, alto), consumiendo alrededor de 0.87m o 3g de PLA, con un tiempo de impresión de 25 minutos.

Figura 28

Llavero Universidad del Valle



Fuente. Obtenido de fuentes propias.

Este modelo impreso cuenta con un tamaño de 76.1 x 106 x 6.0mm (largo, ancho, alto), consumiendo alrededor de 6.98m o 21g de PLA, con un tiempo de impresión de 2 horas 35 minutos con un valor en tienda de \$7.000.

Figura 29

Modelo de pieza impresa de llavero Universidad del Valle



Fuente. Obtenido de fuentes propias.

Figura 30

Llavero Universidad del Valle, modelo blanco, negro y rojo



Fuente. Obtenido de fuentes propias.

Figura 31*Letrero "Yo Amo Univalle"*

Fuente. Obtenido de fuentes propias.

Este modelo impreso cuenta con un tamaño de 225.5 x 39.4 x 15.9 mm (largo, ancho, alto), consumiendo alrededor de 16.10m o 48g de PLA, con un tiempo de impresión de 8 horas 36 minutos, con un valor en tienda de \$22.000.

Conclusión del objetivo específico 1

La identificación de los principales aspectos que integran la línea de producción de impresos 3D en la Universidad del Valle Seccional Cartago ha permitido comprender la estructura fundamental del proceso productivo basado en la tecnología de modelado por deposición fundida (FDM). El análisis reveló un proceso secuencial que se inicia con la conceptualización y diseño digital del producto solicitado por el cliente, continúa con la preparación técnica del modelo mediante software especializado como Blender y Ultimaker Cura, prosigue con la configuración y operación de las impresoras 3D disponibles (Ender 5 Plus, Ender 5 Pro y Anycubic Chiron), y culmina con procesos de postproducción como la extracción, ensamblaje y acabados finales. Esta estructura operativa está diseñada para responder a pedidos altamente personalizados, lo que justifica la adopción de un sistema productivo basado en órdenes específicas.

El equipamiento tecnológico disponible en el laboratorio muestra una capacidad productiva significativa, con impresoras que ofrecen volúmenes de trabajo considerables y capacidad para trabajar con diversos materiales, principalmente filamentos PLA, aunque también compatibles con ABS, PETG y TPU según el modelo específico. Las características técnicas de estos equipos

determinan parámetros productivos fundamentales como tiempos de fabricación, consumo de materiales y precisión dimensional, factores determinantes en la estructura de costos. Adicionalmente, el reconocimiento fotográfico de los productos fabricados (manos conmemorativas, logos institucionales, llaveros y letreros decorativos) permitió identificar la orientación predominantemente institucional y conmemorativa de la línea productiva, alineada con los valores y símbolos universitarios.

El análisis integral del proceso reveló la naturaleza dual de esta tecnología, que combina procesos altamente automatizados durante la fase de impresión con intervenciones humanas especializadas en las etapas de diseño, preparación y acabado. Esta característica define no solo la estructura operativa sino también la distribución de costos entre componentes variables y fijos. La comprensión detallada de cada etapa del proceso, desde la concepción digital hasta el producto físico terminado, establece el fundamento necesario para desarrollar un sistema de costeo adecuado a las particularidades de esta tecnología emergente, permitiendo identificar con precisión las actividades generadoras de valor y los recursos consumidos en cada fase productiva, elementos esenciales para la posterior determinación y asignación de costos.

Capítulo 5 Insumos y elementos del costo para la producción de impresos en 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Cartago

Para elegir el sistema de costeo adecuado, es fundamental identificar los elementos clave en los procesos productivos. Estos incluyen materiales directos (materias primas e insumos), mano de obra y costos indirectos.

Materiales directos en la impresión 3D bajo tecnología FDM

Los materiales directos constituyen el primer elemento del costo en la producción de impresos 3D. Estos componentes físicos se transforman mediante el proceso productivo para obtener el producto final (Sinisterra, 2006). En el caso específico de la tecnología de modelado por deposición fundida (FDM) utilizada en el laboratorio de Univalle Cartago, se identifican principalmente los filamentos termoplásticos como materia prima esencial, aunque también intervienen otros materiales en fases complementarias del proceso.

Clasificación y características de materiales directos

El Filamento PLA estándar (Ácido Poliláctico) es un termoplástico biodegradable derivado de recursos renovables como el almidón de maíz o la caña de azúcar. Se caracteriza por su facilidad de impresión a temperaturas relativamente bajas (180-220°C), no requiere cama caliente y presenta mínima contracción térmica, lo que lo convierte en el material predilecto para principiantes y productos decorativos como los souvenirs universitarios; sin embargo, su sensibilidad a la humedad y baja resistencia a temperaturas elevadas limita su aplicación en piezas funcionales sometidas a condiciones exigentes (Cano & Serrano, 2021).

El Filamento ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) es un termoplástico derivado del petróleo que destaca por su durabilidad, resistencia mecánica y capacidad para soportar temperaturas elevadas. Requiere temperaturas de extrusión más altas (230-250°C) y una cama caliente (80-110°C) para prevenir la deformación durante el enfriamiento, lo que aumenta el consumo energético; su principal ventaja radica en la resistencia a impactos y durabilidad a largo plazo, haciéndolo ideal para componentes mecánicos y piezas funcionales, aunque emite vapores

potencialmente irritantes durante la impresión, requiriendo espacios bien ventilados (Berchon & Luyt, 2016).

El Filamento TPU flexible (Poliuretano Termoplástico) es un material elastomérico que combina propiedades de los plásticos rígidos con los elastómeros, proporcionando flexibilidad, elasticidad y resistencia a la abrasión excepcionales. Su impresión requiere configuraciones específicas debido a su naturaleza flexible, incluyendo velocidades de impresión reducidas y extrusores directos para evitar atascos; este material es especialmente valioso para aplicaciones que requieren componentes flexibles, absorbentes de impactos o con propiedades táctiles específicas, como agarres ergonómicos, juntas o protectores (Fernández & Méndez, 2020).

El Filamento PETG (Tereftalato de Polietileno Modificado con Glicol) representa un punto intermedio entre el PLA y el ABS, combinando facilidad de impresión con propiedades mecánicas mejoradas. Presenta resistencia química, durabilidad ante la exposición UV y baja contracción térmica, manteniendo transparencia óptima cuando se imprime en su versión natural; estas características lo posicionan como ideal para aplicaciones que requieren resistencia a la intemperie, claridad óptica o contacto con alimentos, siendo ampliamente utilizado en prototipos funcionales, contenedores y piezas que demandan durabilidad con procesamiento sencillo (Molero, 2016).

Los Materiales de acabado constituyen un conjunto de productos complementarios aplicados post-impresión para mejorar las propiedades estéticas y funcionales de las piezas impresas. Esta categoría incluye lijas de diferentes granulometrías para el suavizado de superficies, masillas para rellenar imperfecciones, imprimaciones para preparar superficies antes de pintar, pinturas acrílicas o en aerosol para coloración, barnices protectores para sellar superficies, y adhesivos específicos como Ciano acrilatos (superglue) para ensamblar componentes; estos materiales, aunque representan un costo adicional, añaden valor significativo al producto final, mejorando su apariencia, funcionalidad y durabilidad (Krajewski & Ritzman, 2000).

A continuación, se identifican algunos elementos de las características de estos materiales directos:

Tabla 8*Clasificación y características de materiales directos en impresión 3D*

Tipo de material	Características técnicas	Propiedades mecánicas	Aplicaciones recomendadas	Costo por kg (COP)	Costo por gramo (COP)
Filamento PLA estándar	Temperatura de extrusión: 180-220°C No requiere cama caliente Biodegradable	Resistencia media Rigidez alta Fragilidad media	Prototipos visuales Piezas decorativas Souvenirs	90,000	90
Filamento ABS	Temperatura de extrusión: 230-250°C Requiere cama caliente (80-110°C)	Resistencia alta Durabilidad superior Resistente a impactos	Piezas funcionales Elementos mecánicos Prototipos de uso	95,000	95
Filamento TPU flexible	Temperatura de extrusión: 220-235°C Flexible y elástico	Flexibilidad alta Resistencia a la abrasión Elongación superior	Elementos de agarre Piezas que requieren flexibilidad	120,000	120
Filamento PETG	Temperatura de extrusión: 220-245°C Resistente a la humedad	Resistencia química Durabilidad media-alta Baja contracción	Contenedores Piezas de uso exterior	105,000	105
Materiales de acabado	Aplicación posterior a la impresión	Mejora estética y funcional	Incremento de durabilidad y calidad visual	Varía según tipo	-

Fuente: Elaboración propia con datos recopilados del mercado local y características técnicas según Berchon y Luyt (2016).

Análisis de consumo y rendimiento de materiales

En la producción mediante impresión 3D, el consumo de material no depende únicamente del volumen final del objeto, sino de diversos factores técnicos que deben considerarse para una estimación precisa de los costos. Según Fernández y Méndez (2020), los principales factores que influyen en el consumo de material son:

1. Densidad de relleno: Define el porcentaje de material utilizado en el interior de la pieza, pudiendo variar desde 10% (piezas livianas) hasta 100% (piezas sólidas). Un

incremento en la densidad aumenta proporcionalmente el consumo de material y, consecuentemente, el costo.

2. Estructuras de soporte: Elementos temporales necesarios para sostener voladizos o geometrías complejas durante la impresión. Representan entre 5% y 30% de material adicional según la complejidad del diseño.
3. Adhesión a la plataforma: Estructuras como brim o raft que mejoran la adherencia a la plataforma, aumentando el consumo de material entre 3% y 15%.
4. Tolerancia dimensional: Las capas exteriores requieren precisión mayor, consumiendo material adicional cuando se necesitan acabados de alta calidad.

Primer elemento: Material de impresión 3D Filamento PLA

El principal material utilizado en la impresión 3D con tecnología de modelado por deposición fundida (FDM) en Univalle Cartago es el filamento PLA, aunque en algunas ocasiones se emplea resina.

Los insumos en este proceso no son recursos naturales en estado básico, sino materiales que requieren combinación con otros para obtener el producto final. Son esenciales en la producción y permiten la fabricación de bienes mediante su interacción con otros componentes.

Tabla 9

Relación y características principales materiales usados para la impresión 3D

Tipo de material	Características	Comentarios
Filamento PLA estándar	Los filamentos son los materiales de menor costo y más comunes usados en la impresión 3D. Son termoplásticos, es decir, cuando los derrite, puede remodelarlos y remodelarlos hasta obtener el resultado deseado.	Siendo los comunes PLA y ABS, por su bajo coste, sin embargo, el uso de estos materiales para fabricar piezas de alta calidad es una tarea difícil, ya que gastará mucho dinero y tiempo en perfeccionar los modelos 3D.

Fuente: Elaboración Propia.

Desperdicios y mermas en el proceso productivo

Un aspecto frecuentemente desatendido en los sistemas de costeo para impresión 3D es la cuantificación de desperdicios y mermas inherentes al proceso. Krajewski y Ritzman (2000) señalan la importancia de identificar y medir estos factores para un costeo preciso. En el contexto del laboratorio de Univalle Cartago, se identifican las siguientes fuentes de desperdicio:

- Fallos de impresión: Piezas incompletas o defectuosas que deben desecharse, representando aproximadamente 8-12% del material utilizado.
- Residuos de calibración: Material consumido durante pruebas de calibración y nivelación, estimado en 2-3% del consumo total.
- Material de purga: Filamento utilizado para limpiar el extrusor al cambiar entre diferentes materiales o colores, aproximadamente 5-10g por cambio.
- Residuos de estructuras temporales: Material de soporte y adhesión que se descarta tras finalizar la impresión, representando entre 5-30% según la complejidad geométrica.

Esta categorización permite desarrollar estrategias para la reducción de desperdicios y una asignación más precisa de los costos reales de producción.

Metodología para el cálculo del costo de material directo

Para determinar con precisión el costo de materiales directos en cada orden de producción, se propone la siguiente fórmula basada en los conceptos de Rojas (2007):

- **Costo de Material Directo (CMD)** = [(Peso neto × Factor de desperdicio) × Costo unitario] + Costo de materiales complementarios**

Donde:

- **Peso neto:** Cantidad de material en gramos estimada por el software de laminado (Ultimaker Cura).
- **Factor de desperdicio:** Multiplicador que considera las mermas específicas para cada tipo de geometría (varía entre 1.08 y 1.30).
- **Costo unitario:** Valor por gramo del material específico utilizado.

- Materiales complementarios: Adhesivos, acabados o elementos adicionales incorporados al producto final.

Variables clave que determinan los costos en la impresión 3D

La determinación precisa de costos en la fabricación aditiva mediante tecnología FDM requiere comprender los factores técnicos que influyen directamente en el consumo de recursos. A continuación, se analizan las variables críticas que impactan la estructura de costos:

Geometría y características del modelo

Tamaño y complejidad

Las dimensiones y la complejidad estructural del modelo 3D constituyen determinantes primarios en el consumo de recursos productivos. Según Fernández y Méndez (2020), la complejidad geométrica influye exponencialmente en el tiempo de procesamiento digital, la generación de estructuras de soporte y la probabilidad de fallos durante la fabricación. La evaluación precisa de estos parámetros permite estimar con mayor exactitud:

- Consumo de filamento (gramos)
- Tiempo total de impresión (horas)
- Horas de trabajo técnico requeridas
- Intervenciones necesarias durante el proceso

Los diseños con voladizos pronunciados, estructuras internas complejas o detalles minuciosos pueden incrementar los costos hasta en un 40% respecto a geometrías simples de volumen equivalente (Berchon & Luyt, 2016).

Volumen y densidad

El volumen neto de la pieza determina fundamentalmente la cantidad de material necesario, estableciendo la base del costo directo de producción. Sin embargo, el software de laminado

(slicer) permite modificar la densidad de relleno interno (infill), generando impactos significativos en:

- Consumo total de material: una reducción del relleno del 100% al 20% puede disminuir el consumo de filamento hasta en un 70%, manteniendo una resistencia estructural adecuada.
- Tiempo de impresión: menor densidad implica menos recorridos del extrusor.
- Propiedades mecánicas: la resistencia a compresión, flexión e impacto varía proporcionalmente con la densidad.

Esta variable permite optimizar el balance entre funcionalidad y costos, especialmente en piezas decorativas o prototipos no sometidos a esfuerzos mecánicos significativos (Cano & Serrano, 2021).

Procesos complementarios

Postprocesamiento

La calidad percibida y funcionalidad final del producto frecuentemente dependen de operaciones posteriores a la impresión. Estos procesos incrementan el valor agregado, pero también los costos asociados:

- Pulido y acabado superficial: Procedimiento escalonado mediante abrasivos de granulometría progresivamente más fina (desde lijas de grano 80 hasta 1000 o superior) para eliminar las líneas de capa visibles. Requiere aproximadamente 15-40 minutos por pieza de tamaño medio, dependiendo de la complejidad superficial y la calidad deseada, exigiendo precisión manual para no comprometer las dimensiones funcionales del objeto (Rojas, 2007).
- Tratamientos químicos: Aplicación controlada de solventes específicos para cada material (acetona para ABS, alcohol isopropílico para resinas) que disuelven superficialmente el plástico, generando un acabado homogéneo. Este método reduce el tiempo de postprocesamiento, pero requiere equipos de protección personal y áreas ventiladas. El costo incluye tanto los consumibles como el tiempo

de aplicación y secado (aproximadamente 0.5-2 horas) (Krajewski & Ritzman, 2000).

- Recubrimientos funcionales: Aplicación de resinas epóxicas, poliuretanos o acrílicos que sellan la porosidad inherente a la impresión FDM, incrementando simultáneamente la resistencia mecánica, impermeabilidad y durabilidad. Su aplicación requiere entre 1-2 capas con tiempos de curado de 12-24 horas, añadiendo aproximadamente 10% al costo directo del producto, pero aumentando significativamente su vida útil y valor percibido (Sinisterra, 2006).

Siguiendo la línea de análisis anterior, se desarrolló una sección más detallada sobre la mano de obra en el contexto de la impresión 3D, diferenciando los distintos componentes del costo laboral. Esta sección podría ubicarse después del análisis de materiales directos y variables clave, complementando el cuadro existente de cálculo del costo de mano de obra.

Análisis detallado de costos de mano de obra en impresión 3D

Factores operativos y laborales

Mano de obra en preparación

Antes de iniciar la impresión, un técnico debe realizar una serie de actividades preparatorias que constituyen una parte significativa del costo operativo. Según Berchon y Luyt (2016), estas incluyen:

- Laminar la pieza con software especializado (Cura, Slic3r, Simplify3D)
- Cambiar el filamento según los requerimientos del producto
- Aplicar producto fijador en la plataforma para garantizar adherencia
- Supervisar las primeras capas, críticas para el éxito de la impresión

Este tiempo debe considerarse sistemáticamente en el cálculo del costo. Para productos únicos o personalizados, el costo de diseño y preparación es proporcionalmente alto debido al tiempo de desarrollo y ajustes necesarios. En contraste, cuando se producen lotes de unidades idénticas, este costo fijo se distribuye entre todas las unidades, reduciendo el impacto por unidad (Krajewski & Ritzman, 2000).

Costo-tiempo de impresión

El tiempo total de impresión constituye un factor determinante en la estructura de costos. Se establece como costo por hora de impresión, incluyendo todos los desembolsos proporcionales al tiempo de operación de la máquina, tales como energía, depreciación del equipo y ocupación del espacio productivo. Sinisterra (2006) señala que en procesos tecnológicos como la impresión 3D, el tiempo-máquina debe valorarse independientemente del tiempo del operario, ya que representan consumos de recursos diferenciados.

Costos del operario

La intensidad de la intervención humana durante el proceso varía significativamente según el modelo de negocio. Para organizaciones diversificadas donde la impresión 3D es una actividad complementaria, este costo tiende a ser menor ya que las impresoras operan con considerable autonomía una vez iniciado el proceso. En contraste, para empresas especializadas exclusivamente en servicios de impresión 3D, este factor es más relevante pues requieren personal dedicado a tareas específicas como colocación de piezas, retiro de productos terminados, mantenimiento preventivo y supervisión continua de equipos (Rojas, 2007).

Caracterización de la mano de obra en procesos de fabricación aditiva

La mano de obra en tecnologías de impresión 3D presenta características distintivas respecto a los procesos manufactureros tradicionales, requiriendo un enfoque especializado para su correcta valoración económica. A diferencia de los sistemas de producción continua, donde el operario interviene constantemente durante el proceso productivo, la fabricación aditiva mediante tecnología FDM combina etapas de alta intervención humana con periodos de autonomía operativa (Sinisterra, 2006). Esta particularidad exige una desagregación detallada de los componentes del costo de mano de obra para una asignación precisa a cada orden de producción.

Categorización de actividades laborales en el proceso de impresión 3D**Costos de diseño y modelado digital**

El proceso de modelado 3D constituye la fase inicial y frecuentemente la más intensiva en términos de trabajo especializado. Esta etapa requiere competencias técnicas en software específico (Blender) y conocimientos de diseño tridimensional. Según Rojas (2007), el tiempo dedicado al modelado puede representar entre el 40-60% del costo total de mano de obra, variando significativamente según:

- Complejidad geométrica del objeto: Diseños orgánicos o con geometrías irregulares pueden requerir entre 2-8 horas de modelado, mientras que objetos con geometrías básicas pueden completarse en 15-60 minutos.
- Precisión dimensional requerida: Piezas funcionales con tolerancias estrictas demandan mayor tiempo de definición de parámetros.
- Grado de originalidad: Adaptaciones de modelos existentes requieren sustancialmente menos tiempo que creaciones originales.

Para mayor precisión, se recomienda establecer los siguiente:

Tabla 10

Tabla de estimación de costos de diseño

Categoría de complejidad	Características	Tiempo estimado (horas)	Costo proporcional*
Baja	Geometrías primitivas, extrusiones simples	0.25 - 1.0	\$8,300 - \$33,200
Media	Combinaciones de formas, curvaturas simples	1.0 - 3.0	\$33,200 - \$99,600
Alta	Formas orgánicas, detalles intrincados	3.0 - 8.0	\$99,600 - \$265,600

Fuente: Elaboración Propia con apoyo de Claude IA

Basado en el salario mensual referenciado de \$1,300,000 + prestaciones, equivalente a \$33,200/hora aproximadamente.

Costos de preparación y configuración

Las actividades de preparación comprenden procesos técnicos especializados que transforman el modelo digital en instrucciones específicas para la impresora. Krajewski y Ritzman (2000) destacan la importancia de distinguir estos costos de preparación como elementos diferenciados en sistemas productivos no continuos. Estas actividades incluyen:

1. Laminado (slicing): Proceso de configuración de parámetros críticos como:

- Altura de capa (0.1mm - 0.3mm)
- Densidad de relleno (10% - 100%)
- Temperatura de extrusión
- Velocidad de impresión
- Generación de soportes

2. Preparación física de equipos:

- Limpieza de plataforma
- Calibración de nivelación
- Carga y purga de filamento
- Aplicación de adherentes en plataforma

El tiempo dedicado a estas actividades oscila típicamente entre 15-45 minutos por orden de producción, representando aproximadamente el 10-15% del costo total de mano de obra (Cano & Serrano, 2021).

Costos de supervisión durante la producción

Aunque la impresión 3D se caracteriza por cierto grado de autonomía, requiere supervisión periódica para garantizar la calidad y prevenir fallos. Berchon y Luyt (2016) recomiendan incluir este componente como parte del costo directo, particularmente en piezas complejas o de alto valor. Estas actividades incluyen:

- Verificación de primeras capas (críticas para la adherencia)
- Monitoreo periódico durante la impresión

- Intervención ante anomalías (obstrucciones, desprendimientos)
- Reposición de material cuando es necesario

Para cuantificar adecuadamente este costo, se estima un tiempo de supervisión equivalente al 5-10% del tiempo total de impresión. Por ejemplo, una pieza con 10 horas de tiempo de impresión requeriría aproximadamente 30-60 minutos de supervisión distribuidos durante el proceso.

Costos de acabado y postprocesamiento

Las operaciones posteriores a la impresión determinan significativamente la calidad percibida del producto final. Estas actividades son intensivas en mano de obra y presentan escaso potencial de automatización, particularmente en sistemas de baja y media producción. Comprenden:

1. Remoción de la pieza y limpieza inicial:

- Extracción segura de la plataforma
- Eliminación de estructuras de soporte
- Tiempo estimado: 5-15 minutos según complejidad

2. Acabados superficiales:

- Lijado progresivo
- Pulido
- Tiempo estimado: 15-60 minutos según área superficial y calidad requerida

3. Tratamientos estéticos y funcionales:

- Aplicación de pinturas o recubrimientos
- Ensamblaje de componentes múltiples
- Tiempo estimado: 15-120 minutos según complejidad

Estos procesos pueden representar entre el 20-35% del costo total de mano de obra, con alta variabilidad dependiendo de los requisitos específicos de acabado (Fernández & Méndez, 2020).

Implementación en el sistema de costeo por órdenes

Para incorporar eficientemente estos componentes del costo de mano de obra en el sistema de costeo por órdenes de producción, se propone una estructura de registro que documente específicamente el tiempo dedicado a cada actividad:

Figura 32

Formato de registro de tiempo por orden de producción

Formato de registro de tiempo por orden de producción N° [XXX]		
Cliente: _____	Fecha: __/__/__	
Producto: _____	Cantidad: _____	
Actividad	Tiempo (min)	Responsable
-----	-----	-----
1. Diseño y modelado		
2. Preparación y laminado		
3. Configuración equipos		
4. Supervisión (detalle)		
5. Extracción y limpieza		
6. Acabados (detalle)		
TOTAL TIEMPO		
Observaciones: _____		

Fuente: Elaboración propia con apoyo de Claude IA.

Esta desagregación permitirá no solo calcular con precisión el costo directo de mano de obra por orden, sino también generar información valiosa para análisis de eficiencia y mejora continua. Adicionalmente, facilitará la identificación de oportunidades de optimización en los procesos más intensivos en trabajo humano (Rojas, 2007).

Caracterización de costos indirectos en fabricación aditiva

Los costos indirectos de fabricación (CIF) constituyen un componente significativo en la estructura económica de la impresión 3D, presentando características distintivas respecto a los métodos de manufactura tradicionales. Estos costos, aunque no se identifican directamente con órdenes específicas, resultan fundamentales para el funcionamiento del sistema productivo y deben ser adecuadamente asignados para determinar con precisión el costo unitario de producción (Sinisterra, 2006).

En el contexto específico del laboratorio de impresión 3D de la Universidad del Valle sede Cartago, se identifican los siguientes elementos de costos indirectos:

Componentes principales de costos indirectos

Depreciación de equipos

El desgaste progresivo de las impresoras 3D y equipos complementarios representa uno de los costos indirectos más significativos. Este costo puede calcularse mediante dos enfoques complementarios:

- Por inversión total: Distribución sistemática del valor de adquisición durante la vida útil estimada del equipo (típicamente 3-5 años para impresoras 3D de tecnología FDM).
- Por capacidad en horas: Basado en el tiempo total de operación esperado hasta el reemplazo (generalmente entre 5,000-8,000 horas para extrusores y componentes críticos).

Para una asignación precisa, se recomienda implementar un registro detallado de horas de uso por equipo, permitiendo distribuir el costo de depreciación proporcionalmente al consumo real de la capacidad instalada (Rojas, 2007).

Consumo energético

El gasto en energía eléctrica constituye un costo variable indirecto significativo, determinado principalmente por:

- Potencia nominal de cada impresora (típicamente entre 200W-350W)
- Tiempo de operación efectiva
- Tarifa eléctrica aplicable

Este componente es identificable mediante el consumo especificado en la ficha técnica de cada equipo (expresado en kilovatios/hora) y puede monitorearse con precisión mediante medidores específicos para cada estación de trabajo, facilitando su asignación a centros de costo definidos (Berchon & Luyt, 2016).

Mantenimiento preventivo y correctivo

Las actividades de mantenimiento periódico son esenciales para garantizar la operatividad y precisión de los equipos, incluyendo:

- Limpieza profunda de componentes mecánicos
- Lubricación y engrase de partes móviles (ejes, rodamientos)
- Calibración de sensores y sistemas de nivelación
- Sustitución programada de componentes de desgaste (boquillas, tubos PTFE)

Se recomienda establecer un programa de mantenimiento preventivo calendarizado, asignando los costos asociados mediante tasas predeterminadas basadas en históricos de intervención (Krajewski & Ritzman, 2000).

Costos asociados a fallos productivos

Los errores durante el proceso de impresión generan costos indirectos significativos que deben considerarse sistemáticamente, incluyendo:

- Fallos por factores externos (fluctuaciones eléctricas, vibraciones)
- Impresiones defectuosas por problemas de adherencia

- Atascos de filamento o errores de extrusión
- Configuraciones incorrectas en el proceso de laminado
- Agotamiento de material durante la impresión

Estos eventos, aunque inherentes al proceso productivo, pueden minimizarse mediante protocolos de control y supervisión. Su costo debe incorporarse como un porcentaje sobre el tiempo productivo, típicamente entre 5-15% según la complejidad de las piezas fabricadas (Cano & Serrano, 2021).

Formación y capacitación técnica

La inversión en desarrollo de competencias técnicas constituye un costo indirecto esencial en tecnologías emergentes como la impresión 3D. Este componente incluye:

- Entrenamiento inicial para nuevos operarios
- Actualización en nuevas versiones de software de diseño y laminado
- Formación especializada en técnicas avanzadas de impresión
- Capacitación en mantenimiento y resolución de problemas

Este costo, aunque inicialmente significativo, debe considerarse como una inversión que incrementa la productividad y calidad a mediano plazo, amortizándose mediante tasas predeterminadas durante períodos anuales (Fernández & Méndez, 2020).

Metodología para la asignación de costos indirectos

La implementación de un sistema efectivo de asignación de CIF en impresión 3D requiere definir inductores (drivers) que reflejen adecuadamente la relación causal entre el consumo de recursos indirectos y las características específicas de cada orden de producción.

Inductores primarios para asignación de CIF:***Horas-máquina***

Constituye el inductor principal para la mayoría de los componentes del CIF, particularmente aquellos relacionados con el funcionamiento del equipo. La fórmula base para su aplicación es:

$$\text{CIF asignado} = (\text{Tasa CIF por hora-máquina}) \times (\text{Tiempo total de impresión})$$

Donde la tasa CIF integra componentes como depreciación, energía y parte del mantenimiento preventivo. Este inductor es especialmente apropiado para asignar costos relacionados con el uso y desgaste de equipos (Sinisterra, 2006).

Complejidad del diseño

La complejidad geométrica influye significativamente en elementos del CIF como probabilidad de fallos, desgaste diferencial de componentes y requerimientos de supervisión. Para su aplicación práctica, se recomienda establecer categorías de complejidad:

Tabla 11

Escala de nivel de complejidad del diseño

Nivel de complejidad	Características	Factor multiplicador
Baja	Geometrías simples, sin voladizos	1.0
Media	Algunas características complejas	1.3
Alta	Geometrías complejas, múltiples detalles	1.8
Muy alta	Diseños intrincados, alta precisión	2.5

Fuente: Elaboración propia con apoyo de Claude IA.

Este inductor permite refinar la asignación de componentes del CIF vinculados a la dificultad técnica de la producción (Krajewski & Ritzman, 2000).

Volumen de impresión

El volumen total de la pieza (expresado en cm³) constituye un inductor complementario que refleja adecuadamente el consumo de recursos indirectos relacionados con la escala de producción. Su aplicación es particularmente relevante para componentes del CIF como:

- Desgaste proporcional de componentes del extrusor
- Consumo energético durante periodos de calentamiento
- Utilización del espacio productivo

La correlación entre volumen y consumo de recursos indirectos no es perfectamente lineal, sino que presenta economías de escala que pueden modelarse mediante factores de ajuste logarítmicos (Cano & Serrano, 2021).

Implementación mediante tasas predeterminadas

Para la aplicación práctica en el sistema de costeo por órdenes, se propone desarrollar una tasa predeterminada de CIF que integre los inductores analizados. La fórmula propuesta es:

$$\text{Tasa CIF} = (\text{CIF total presupuestado para el periodo}) / (\text{Base de asignación presupuestada})$$

Donde la base de asignación incorpora los tres inductores mediante un índice compuesto:

$$\text{Índice compuesto} = (\text{Horas-máquina} \times \text{Factor de complejidad} \times \text{Factor de volumen})$$

Esta metodología permite una asignación más precisa que refleja las características específicas de cada orden de producción (Rojas, 2007).

Sistema de costos por órdenes de trabajo para impresión 3D***Fundamentos conceptuales y aplicación práctica***

El sistema de costos por órdenes de trabajo representa la metodología más adecuada para entornos productivos caracterizados por alta personalización y fabricación no repetitiva, como es el caso de la impresión 3D. Según Sinisterra (2011), este sistema tiene como característica fundamental que cada uno de los costos incorporados durante el proceso de producción se

identifica claramente con un producto, orden o lote específico, acumulándose sistemáticamente en su respectiva orden.

Esta metodología de costeo resulta particularmente apropiada para la tecnología de modelado por deposición fundida (FDM) por varias razones fundamentales:

1. Naturaleza personalizada de la producción: Cada pieza impresa puede presentar características únicas según los requerimientos del cliente.
2. Trazabilidad de recursos consumidos: Permite vincular con precisión los materiales, tiempo de operación y recursos indirectos con cada producto específico.
3. Facilidad para establecer rentabilidad individual: Posibilita determinar el margen de contribución particular de cada orden, especialmente relevante en productos con variaciones significativas en complejidad y valor agregado.
4. Adaptabilidad a diferentes volúmenes: Funciona eficientemente tanto para piezas únicas como para lotes pequeños, escenarios típicos en impresión 3D.

Componentes operativos del sistema

La implementación práctica del sistema de costos por órdenes de trabajo en el laboratorio de impresión 3D de la Universidad del Valle sede Cartago requiere tres elementos fundamentales:

1. Expedición de orden con número interno: Documento que formaliza el inicio del proceso productivo, asignando un identificador único que servirá como referencia para la acumulación de costos a lo largo de todo el ciclo. Este documento debe generarse inmediatamente después de recibir la solicitud del cliente y antes de iniciar cualquier actividad productiva.
2. Registro sistemático de insumos consumidos: Documentación detallada de todos los materiales directos (filamentos, materiales de acabado) utilizados específicamente en cada orden, incluyendo cantidades, especificaciones y costos unitarios actualizados.
3. Acumulación progresiva de valores en una hoja de costos: Instrumento central del sistema donde se registran secuencialmente todos los costos asociados a la orden, desde su apertura hasta su finalización y entrega.

Estructura de la hoja de costos

La hoja de costos constituye el documento integral donde converge toda la información económica de cada orden de producción. Siguiendo los lineamientos de Sinisterra (2011), adaptados al contexto específico de la impresión 3D, este instrumento debe contener:

- Número único de orden de producción: Identificador secuencial que permite rastrear el producto a través de todo el proceso.
- Fechas de inicio y finalización proyectadas y reales: Registro temporal que permite evaluar eficiencia y cumplimiento de plazos.
- Identificación del cliente y sus especificaciones particulares: Datos que vinculan el producto con su destinatario final.
- Propósito de la orden (pedido específico o producción para inventario): Clasificación que determina el tratamiento contable posterior.
- Referencia técnica y cantidad de artículos: Detalles dimensionales y cuantitativos que definen el alcance de la orden.
- Liquidación detallada de costos totales y unitarios: Culminación del proceso de costeo que determina el valor económico del producto.

Este documento permite no solo determinar el costo final del producto, sino también analizar la eficiencia productiva, identificar desviaciones respecto a estimaciones iniciales y generar información valiosa para futuros presupuestos.

Método de cálculo del costo unitario

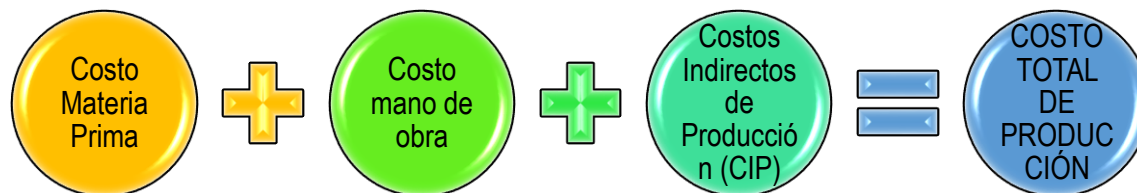
Bajo este método de costeo, y según lo plantea Carlos Fernando Cuevas, en su libro Contabilidad de costos: enfoque Gerencial y de Gestión (2010):

“Los tres elementos del costo, esto es, materia prima, mano de obra y costos indirectos de fabricación, se van acumulando de acuerdo con cada orden de trabajo y, en consecuencia, el costo unitario de cada unidad o lote de producción, se obtiene dividiendo el valor total obtenido de la sumatoria monetaria de los costos de los tres elementos de la orden específica, entre las unidades totales de la misma.”

De manera gráfica se puede representar a continuación:

Figura 33

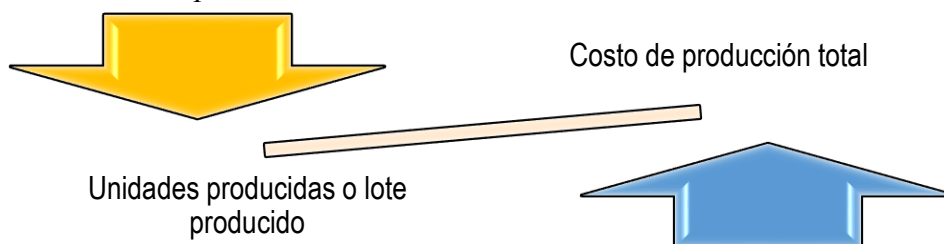
Elementos del costo



Fuente. Elaboración propia.

Figura 34

Cálculo costo unitario de producción



Fuente. Aportación propia.

Expresado algebraicamente:

Costo Unitario de Producción = (Costo de la materia prima + costo mano de obra + costos indirectos de producción) / unidades producidas o lote producido

Costo Unitario = (Costo MP + Costo MO + CIF asignados) / Unidades producidas

Esta fórmula, aparentemente simple, requiere una rigurosa disciplina en el registro y acumulación de cada elemento del costo durante todo el ciclo productivo, especialmente en

entornos de alta personalización como la impresión 3D, donde las variaciones entre órdenes pueden ser significativas.

La implementación efectiva de este sistema en el laboratorio de impresión 3D permitirá no solo determinar con precisión el costo real de cada producto, sino también generar información estratégica para la toma de decisiones relacionadas con la fijación de precios, evaluación de rentabilidad por tipo de producto y optimización de recursos productivos.

Una característica propia de este método de costeo de acuerdo con lo que referencia el autor Cuevas Villegas en su libro, es la orden de producción, entendido como un documento interno, donde se identifica de forma individual, cada trabajo. El área de contabilidad de costos o de producción, genera una orden de producción por cada pedido o lote de pedido, donde se registran de manera ordenada todos los criterios especiales para la producción de un bien determinado o para la prestación de un servicio específico.

En cada orden se van registrando las horas trabajadas (costo de mano de obra directa), los materiales consumidos (materia prima directa) y se le asignan los costos indirectos de fabricación. A partir de esa orden, se va desprendiendo oficialmente el desarrollo de elaboración del producto. Cada elemento del costo es identificado a partir de la acumulación del consumo y costo de las materias primas, del total de los tiempos de mano de obra empleado en la producción de cada orden y los costos indirectos de fabricación que se han de asignar acorde a una tasa de distribución. Los costos de cada elemento luego se llevan a una hoja resumen de costos, donde se condensa cada costo y se suman para que arroje el gran total del costo. (Hargadon, 2001)

Figura 35

Esquema general "Sumatoria de los tres elementos del costo de producción"



Fuente. Aportación propia.

Elementos característicos del costeo por órdenes de producción

Facilidad para el análisis de costos. Este sistema proporciona al empresario un análisis detallado del costo de los materiales, salarios y costos indirectos de procesamiento de los diferentes frentes de trabajo y unidades de producción en función de su naturaleza y funciones. Esto permite determinar la eficiencia operativa de los diferentes factores de producción, centros de producción y unidades funcionales. Los registros detallados de costos de los últimos años pueden utilizarse con fines estadísticos, para determinar las tendencias de costo de los diferentes tipos de trabajos y su eficiencia relativa.

El debido control de costos. Bajo este sistema, se mantiene un registro preciso de los costos de diferentes procesos y de las unidades producidas. Ayuda a comparar los costos reales con los costos estimados, facilitando el control de costos para el negocio.

Establecer la rentabilidad por trabajo de cada orden o lote de producción: es una herramienta que ayuda a conocer la rentabilidad de cada trabajo u orden de producción por separado, identificando cual lote u orden es el más rentable para el negocio. Permite determinar mejor, si es deseable buscar en el futuro algún trabajo o encargo específico.

“Facilita el cálculo de costos. Para el empresario o emprendedor este método le ayuda a calcular el costo de un trabajo similar a los ya realizados, al proporcionar detalles de los costos anteriores y similares en su procesamiento. Por tanto, ayuda en la planificación futura de la producción y cotizaciones de otros trabajos similares.” (Cárdenas y Guarnizo, 2015).

El sistema de contabilidad de costos acorde con la información que se maneja aplica un diseño cuantitativo cualitativo de análisis, el tipo de datos que se procesan tienen como base los históricos y por ende los proyectados para construir la matriz u hoja de costos. Se condensa diciendo que, los métodos de investigación más utilizados en la contabilidad de costos o de gestión se sustenta según los diversos autores como Bernard Hargadon, Carlos Fernando Cuevas, Women y otros, el más utilizado es el analítico, el cual consiste en el estudio y la evaluación detallada de la información disponible en un intento de explicar el contexto de un fenómeno, así mismo se apoya en la exploración documental, esto es, el uso de documentos escritos sobre el tema y el uso de la información que no ha tenido un tratamiento científico.

Margen de contribución: fundamento para la sostenibilidad económica

El margen de contribución constituye una métrica fundamental en la gestión financiera que permite evaluar la capacidad real de cada producto para generar valor económico. Definido por Garrison et al. (2021) como "la diferencia entre los ingresos por ventas y los costos variables directamente asociados a la producción", este indicador revela cuánto contribuye cada unidad vendida a la cobertura de costos fijos y, posteriormente, a la generación de utilidades.

En el contexto específico de la producción de impresos 3D, donde coexisten altos costos fijos (equipamiento, software, espacio) con costos variables relativamente bajos (filamentos, insumos específicos), el margen de contribución adquiere particular relevancia estratégica. Su cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula básica:

$$\text{Margen de contribución} = \text{Ingresos por ventas} - \text{Costos variables}$$

Para facilitar el análisis comparativo entre diferentes productos o líneas de negocio, resulta más práctico expresar el margen de contribución en términos porcentuales, obteniendo así una medida relativa de eficiencia económica:

$$\text{Margen de contribución (\%)} = (\text{Ingresos} - \text{Costos variables}) / \text{Ingresos} \times 100$$

Esta representación porcentual permite identificar rápidamente cuáles productos generan mayor valor por unidad monetaria vendida, independientemente de su precio absoluto. En tecnologías emergentes como la impresión 3D, donde la experimentación con nuevos productos es constante, este análisis resulta esencial para orientar estratégicamente el portafolio de productos hacia aquellos con mayor potencial de rentabilidad (Horngren et al., 2010).

Punto de equilibrio multiproducto: adaptación a la diversidad productiva

El análisis de punto de equilibrio tradicional, aunque valioso en entornos Mono producto, resulta insuficiente para escenarios donde se fabrican y comercializan múltiples productos con estructuras de costos y precios diferenciados, como es el caso típico de servicios de impresión 3D. Para superar esta limitación, se emplea el concepto de punto de equilibrio multiproducto.

Horngren et al. (2010) definen este concepto como "el nivel de ventas en el que una empresa que comercializa más de un producto logra cubrir sus costos totales (fijos y variables), considerando la proporción relativa de ventas de cada producto". Esta definición incorpora un elemento crucial: la mezcla o mix de ventas, que representa la composición porcentual de las ventas totales por tipo de producto.

"Cuando se manejan múltiples productos, el punto de equilibrio debe determinarse tomando en cuenta la mezcla de productos que se venden, ya que cada uno puede tener diferentes márgenes de contribución. En este caso, se utiliza un margen de contribución promedio ponderado para calcular el punto de equilibrio global" (Horngren et al., 2010, p. 240).

El procedimiento analítico para determinar este punto de equilibrio multiproducto incluye las siguientes etapas:

1. Identificación del margen de contribución individual de cada producto o línea.

2. Determinación del mix de ventas proyectado, basado en datos históricos o estimaciones de mercado.
3. Cálculo del margen de contribución ponderado, mediante la multiplicación del margen individual por su participación porcentual en las ventas totales.
4. Aplicación de la fórmula de punto de equilibrio:

$\text{Punto de equilibrio en unidades} = \text{Costos fijos totales} / \text{Margen de contribución ponderado}$
--

Este análisis es clave para el laboratorio de impresión 3D de la Universidad del Valle sede Cartago, permitiendo determinar el volumen mínimo de operación necesario para cubrir los costos fijos asociados a equipamiento, software, espacio físico y personal técnico. Adicionalmente, facilita la evaluación de diferentes escenarios de mix de productos, identificando combinaciones más eficientes para optimizar la utilización de recursos.

La integración de estos conceptos analíticos con el sistema de costeo por órdenes de producción proporciona un marco completo para la gestión financiera de la unidad productiva, facilitando tanto la determinación precisa de costos como la toma de decisiones estratégicas orientadas a la sostenibilidad económica.

Conclusión del objetivo específico 2

El análisis exhaustivo de los insumos y elementos del costo en la producción de impresos 3D del laboratorio de la Universidad del Valle Seccional Cartago ha permitido identificar con precisión los componentes económicos fundamentales que intervienen en este proceso productivo. Se ha evidenciado que la estructura de costos presenta características distintivas propias de la tecnología de modelado por deposición fundida (FDM), donde los materiales directos como los diversos filamentos termoplásticos (PLA, ABS, TPU y PETG) representan insumos esenciales con propiedades físicas y económicas diferenciadas. La comprensión detallada de estos materiales, junto con el reconocimiento de las variables clave que afectan su consumo (complejidad geométrica, densidad de relleno y estructuras de soporte), establece una base sólida para la determinación precisa de los costos directos en cada orden de producción.

El componente de mano de obra, analizado desde sus diferentes facetas (diseño, preparación, supervisión y acabados), revela la naturaleza dual de la impresión 3D como proceso parcialmente automatizado, pero con intervenciones humanas críticas en momentos específicos. Este análisis diferenciado permite comprender mejor la estructura de costos operativos y facilita decisiones estratégicas sobre la asignación de recursos humanos. Paralelamente, la identificación sistemática de los costos indirectos (depreciación, energía, mantenimiento y capacitación) y el desarrollo de metodologías específicas para su asignación mediante inductores relevantes (horas-máquina, complejidad del diseño y volumen de impresión) proporcionan herramientas analíticas fundamentales para la gestión eficiente de recursos en esta unidad productiva emergente.

La integración conceptual y metodológica del sistema de costos por órdenes de trabajo, junto con las herramientas analíticas del margen de contribución y punto de equilibrio multiproducto, establece un marco coherente y robusto para la gestión financiera de la línea de producción. Este enfoque sistemático no solo permite determinar con precisión el costo real de cada producto, sino que también proporciona información crítica para decisiones estratégicas sobre precios, mix de productos y volumen mínimo de operación necesario para garantizar la sostenibilidad económica del laboratorio. El establecimiento de estos fundamentos contables y administrativos sienta las bases para el desarrollo posterior de un sistema de costos completo y adaptado a las particularidades tecnológicas y operativas de la impresión 3D en el contexto universitario.

Capítulo 6 Relación de un sistema de costos pertinente para la línea de producción de impresos en 3D en el caso de estudio de la Universidad del Valle Seccional Cartago

El presente capítulo constituye el aporte central de esta investigación, presentando la propuesta de un sistema de costos específicamente diseñado para la línea de producción de impresos 3D del Laboratorio de la Universidad del Valle Seccional Cartago. Se fundamenta la selección del sistema de costeo mediante el análisis costo-beneficio, se caracteriza operativamente el proceso productivo de impresión 3D, se desarrollan los componentes estructurales del sistema propuesto y se establece la documentación técnica necesaria para garantizar una implementación efectiva en el contexto organizacional estudiado.

Selección del sistema de costeo basado en principio costo-beneficio

La selección del sistema de costeo óptimo para la línea de impresos en 3D debe regirse por el principio de costo-beneficio, donde los beneficios de la información superen los costos de obtenerla. Esto requiere conocer a profundidad la operación para identificar necesidades de control e información que permitan maximizar el beneficio económico.

El análisis comprehensivo de la naturaleza productiva de la impresión 3D mediante tecnología FDM revela características distintivas que orientan claramente la selección del sistema de costeo: producción discontinua, altos niveles de personalización, volúmenes reducidos y heterogeneidad en los productos fabricados. Estas condiciones coinciden precisamente con los escenarios para los cuales el sistema de costeo por órdenes de producción fue diseñado, permitiendo identificar y acumular los costos específicos asociados a cada trabajo u orden particular.

La decisión de implementar este sistema no solo responde a su compatibilidad técnica con el proceso productivo, sino también a su capacidad para generar información estratégica que facilite decisiones fundamentales como la determinación de precios competitivos, la identificación de productos con mayor contribución marginal y la optimización de recursos escasos. Adicionalmente, su estructura documental relativamente sencilla facilita la implementación en un entorno académico donde el personal técnico puede no contar con formación contable especializada, manteniendo así la carga administrativa en niveles razonables frente a los beneficios informativos obtenidos.

Caracterización operativa de la línea de impresión 3D

La línea de producción de impresos 3D en la Universidad del Valle Seccional Cartago opera mediante un proceso definido que inicia cuando un usuario, cliente o la tienda de souvenirs solicita un producto al programa de Electrónica. Esta solicitud es remitida al área de monitoria, donde se establece un primer contacto técnico para determinar las especificaciones del producto deseado. En esta etapa se verifica si existe un diseño 3D previo que pueda utilizarse o si será necesario crear uno nuevo desde cero, factor determinante en la estructura de costos y tiempos de entrega.

Este modelo operativo presenta dos características fundamentales que condicionan su estructura económica: en primer lugar, la producción no es continua sino intermitente, activándose únicamente ante solicitudes específicas; en segundo lugar, los productos fabricados son altamente personalizables, adaptándose a requerimientos particulares de cada cliente. Estas condiciones generan un escenario donde resulta inviable establecer estándares uniformes de consumo de recursos, reforzando la necesidad de un sistema que permita la acumulación individualizada de costos por cada orden de trabajo.

El proceso productivo combina fases de intervención humana intensiva (diseño, preparación, acabados) con etapas de operación automatizada (impresión), creando una estructura híbrida donde coexisten costos variables directamente asociados al producto específico (principalmente materiales) con costos fijos que deben ser absorbidos por el volumen total de producción (equipamiento, personal técnico, espacio físico). Esta configuración particular exige un enfoque que permita, por un lado, asignar con precisión los costos directos a cada orden y, por otro, establecer criterios racionales para la distribución de costos indirectos, función que el sistema de costeo por órdenes de producción cumple eficientemente.

Componentes estructurales del sistema de costos propuesto

Elementos del costo identificados

1. Materias e insumos: Filamentos, consumibles y demás elementos del diseño impreso.

2. Mano de obra directa: Retribución a personas encargadas de realizar las actividades del pedido. En esta propuesta no se considerará como elemento variable, sino que será cubierta por el margen de contribución (diferencia entre ingresos por ventas y costos variables).
3. Costos indirectos: Elementos sin relación directa con la impresión, pero necesarios para cumplir el pedido, que se tratarán como costos fijos.

Esta simplificación del proceso considera únicamente los materiales como costo variable, mientras que los gastos de personal y costos indirectos se toman como fijos, siguiendo el criterio de costo-beneficio.

La decisión de clasificar un costo como variable o fijo dependerá del análisis y las necesidades para la toma de decisiones. Aunque aquí la mano de obra directa se considera un gasto fijo, en un escenario de mayor producción podría ser necesario reclasificarla como costo variable asociado a la producción.

Consideraciones sobre el manejo de la mano de obra como costo fijo

Ventajas:

- Estabilidad en costos: Permite una mejor planificación financiera, ya que los costos de mano de obra no fluctúan con la cantidad de pedidos recibidos.
- Cobertura con el margen de contribución: Si los precios de venta cubren los costos fijos, se asegura una mayor predictibilidad en el flujo de caja y la rentabilidad.
- Mejor gestión del talento: Facilita la contratación.

Desventajas o riesgos:

- Menor flexibilidad: En momentos de baja demanda, los costos de mano de obra pueden generar presión financiera si los ingresos no alcanzan a cubrirlos.
- Dependencia de volumen mínimo de producción: Para que la estrategia funcione, es clave que haya un nivel constante de pedidos que absorban el costo fijo.
- Posibles ineficiencias: Si hay variaciones significativas en la demanda, puede haber periodos donde la mano de obra está infrautilizada, aumentando el costo unitario.

Componentes estructurales del sistema de costos propuesto**Tabla 12*****Materias primas***

Materiales	Valor kg	Cantidad	Valor x gramo
Filamento	90,000.0	1000	90.0
polvo	15,000.00	1000	15.0

Fuente. Datos de investigación del mercado y cálculos propios.

De la consulta de mercado y a precio de lista se obtiene el valor de compra del material filamento y del material polvo, expresados a pesos y las cantidades unificadas en gramos, así se obtiene el costo por gramo del material.

Tabla 13***Procedimiento de cálculo del costo de la mano de obra directa tomada como coste fijo***

Detalle	Valor	Dato referencia
Salario mes	1,300,000.0	
Auxilio de transporte	162,000.0	
Subtotal	1,462,000.0	
Factor prestacional	657,900.0	45%
Valor salario mes	2,119,000.0	

Fuente. Datos reales aplicados según código de trabajo.

El cálculo del costo de la mano de obra depende del tipo de perfil profesional que se requiere para llevar a cabo el proceso de modelado por deposición fundida, y de la misma forma, el grado de especialización del operario depende del tipo de proyectos y el volumen de la producción. En ese orden de ideas el perfil más cercano para el caso particular de la Sede Cartago es el siguiente.

Formación académica y conocimientos técnicos

Formación técnica básica: No necesariamente universitaria, puede ser formación profesional o técnica en diseño, artes aplicadas o afines.

Conocimiento de software de diseño accesible: Dominio de programas como TinkerCAD, Blender, FreeCAD o SketchUp.

Manejo de software de laminado sencillo: Experiencia principalmente con Ultimaker Cura o PrusaSlicer.

Conocimiento de materiales específicos: Enfocado en filamentos decorativos y de acabado estético (PLA, PLA+, ABS, filamentos con partículas metálicas, madera o brillantes).

Habilidades artísticas: Sensibilidad estética para diseños decorativos y personalizados.

Habilidades técnicas específicas

Calibración básica de equipos: Capacidad para nivelar la cama de impresión y ajustar parámetros básicos.

Mantenimiento rutinario: Limpieza de boquillas, cambio de filamentos y cuidados básicos.

Acabados artesanales: Técnicas de lijado, pintado a mano, barnizado y personalización.

Postprocesamiento decorativo: Aplicación de detalles como grabados, incrustaciones o elementos adicionales.

Control de calidad visual: Énfasis en la apariencia estética y acabado del producto.

Personalización: Capacidad para adaptar diseños según peticiones específicas de clientes.

Tabla 14

Tiempo de intervención directa del operario en el proceso (aplicable cuando la producción lo requiera)

Detalle	Cantidad tiempo (Minutos)
Diseño y arte gráfico de la pieza por computador	20
Ajustar el diseño y montarlo al aplicativo	3
Preparar material e impresora	3
control de impresión	5
Pulido de pieza	7
Ensamble de pieza	2
Terminado de pieza	5
Gran Total tiempo empleado	45

Fuente. Consultas y mediciones del proceso.

Si bien en este caso específico, al considerar la mano de obra como un costo fijo, libera la necesidad de calcular las unidades de tiempo como elementos para calcular el costo unitario del producto, es imprescindible calcular los tiempos de fabricación unitarios para conocer la capacidad instalada, la cual permitirá definir los tiempos de entrega y la capacidad para adquirir encargos y el tiempo que debe dedicar el operario en monitorear el proceso de impresión.

Consideraciones sobre los Costos Indirectos de Producción en este caso de estudio.

Desde una perspectiva de gestión financiera y contable, la decisión de no asignar directamente los costos indirectos de fabricación (CIF) a cada unidad producida, y en su lugar cubrirlos mediante el margen de contribución, responde a una estrategia de simplificación operativa en entornos de baja demanda y producción limitada.

En modelos de manufactura con volúmenes reducidos, el esfuerzo de cuantificación detallada de los CIF por unidad puede resultar ineficiente y generar costos administrativos innecesarios, sin aportar una ventaja significativa en la toma de decisiones estratégicas. La elección de asumir estos costos dentro del margen de contribución permite mantener un control financiero pragmático, enfocando los recursos en aspectos más críticos de sostenibilidad y crecimiento.

No obstante, es fundamental realizar evaluaciones periódicas sobre la evolución de la demanda y la estructura de costos, a fin de determinar el momento oportuno para una transición hacia un sistema de asignación más preciso. En este sentido, algunas estrategias complementarias incluyen:

- Monitoreo sistemático del margen de contribución, verificando su capacidad para absorber los CIF sin comprometer la viabilidad económica del negocio.
- Proyecciones financieras y de demanda, con el objetivo de anticipar cambios en la producción que justifiquen un ajuste metodológico en la distribución de costos.
- Optimización en la presentación de informes financieros, priorizando la simplicidad operativa sin perder rigor en el análisis de costos globales.

Este enfoque puede mantenerse hasta que los CIF adquieran un nivel de incidencia material en la estructura económica de la organización, momento en el cual sería recomendable implementar un sistema de costeo más detallado y preciso.

Tabla 15*Cálculo de los gastos fijos indirectos*

Detalle	Valor mes
Energía	200,000.0
Otros Servicios Públicos	45,000.0
Arrendamiento	270,000.0
mantenimiento impresoras	25,000.0
mantenimiento otros equipos	15,000.0
Seguros equipos	45,000.0
Depreciación equipos	235,000.0
Varios Imprevistos	65,000.0
Gran Total CIP Mes	900,000.0

Fuente. Elaboración Propia.

Documentación y formatos para implementación del sistema***Propuesta de aplicación del método de costo por órdenes de producción.***

La implementación efectiva de un sistema de costos por órdenes de producción para la línea de impresos 3D requiere una estructura documental sistemática que facilite el registro, acumulación y análisis de la información económica generada durante el proceso productivo. Los formatos seleccionados para este sistema representan el equilibrio óptimo entre rigurosidad contable y simplicidad operativa, permitiendo la captura precisa de datos sin imponer una carga administrativa excesiva al personal técnico del laboratorio. La principal ventaja de esta documentación estandarizada radica en su capacidad para crear un flujo de información trazable desde la solicitud inicial del cliente hasta la determinación final del costo unitario, generando evidencia documental que soporta cada transacción y facilita tanto la gestión cotidiana como eventuales procesos de auditoría. Adicionalmente, estos formatos han sido diseñados con la flexibilidad necesaria para adaptarse a las características particulares de la impresión 3D, como la variabilidad en complejidad de diseños, tiempos de producción y consumo de materiales, manteniendo al mismo tiempo la estructura fundamental que garantiza la integridad del sistema contable.

1. Utilizar un formato de orden de producción

Figura 36*Formato orden de producción*

RAZÓN SOCIAL, NIT, DIRECCIÓN COMERCIAL Y LOGO DEL NEGOCIO				
ORDEN DE PRODUCCIÓN			N°	
Cliente:				
Fecha de emisión:				
Fecha de iniciación:				
Fecha de terminación:				
Fecha de entrega:				
DETALLE		PRODUCTO	CANTIDAD	
Elaborado por:		Firma		
Aprobado por:		Firma		

Fuente. Aportación propia de los investigadores.

La orden de producción se formaliza cuando el departamento de ventas toma el pedido del cliente, y este da los detalles específicos que es lo que solicita. La persona responsable toma el pedido sea de forma manual o directamente en el computador, y procede a condensar en el documento denominado orden de producción. En este documento, registra los detalles especiales del pedido dictado por el cliente. Allí se consigna todas las características y especificaciones del producto a fabricar. Apenas se concrete la compra y sea aprobado por el responsable, el documento es enviado al área de producción para que programe la producción e inicie la fabricación del producto.

2. Requisición de materiales

Figura 37

Formato requisición de materiales

RAZÓN SOCIAL, NIT, DIRECCIÓN COMERCIAL Y LOGO DEL NEGOCIO				
REQUISICIÓN DE MATERIALES				N°
ORDEN DE PRODUCCIÓN N°				
Departamento				
Producto				
Fecha de solicitud:				
Fecha de terminación:				
DESCRIPCIÓN	Cant requerida	PRECIO UNIT	COSTO TOTAL	STOCK O INVENTARIO
		SUBTOTAL		
		IVA		
		VALOR TOTAL		
Elaborado por:		Firma		
Verificado por:		Firma		

Fuente. Aportación propia de los investigadores.

Este documento es elaborado por el responsable de la producción de las piezas ordenadas para su elaboración, contiene una lista de materiales directos que serán utilizados en la orden de producción a fabricar. La persona responsable del almacén verifica si existe todo el material solicitado para la producción, en caso de existir desabastecimiento de dicho material se procede a marcar con una X en la columna de stock para luego comunicar internamente a contabilidad y al administrador para que se proceda a realizar la respectiva compra.

Este documento contiene las siguientes partes:

- N°: es la numeración secuencial de la requisición de materiales.
- Departamento: nombre del departamento que solicita los materiales.
- Producto: nombre del producto que se va a fabricar.

- Fecha: día en que se genera el documento de requisición de materiales.
- Cantidad: total de materiales con similares características.
- Descripción: nombre del producto solicitado.
- Costo unitario: es el costo por unidad de insumo.
- Costo total: para determinar el costo total se debe multiplicar cantidad x precio unitario.
- Stock: en esta columna se marca con una “x” los productos que no hay en bodega.
- Elaborado por: nombre y firma de la persona que realiza la requisición de materiales.
- Aprobado por: nombre y firma de la persona que aprueba dicha requisición de materiales.

3. Hoja de control de costos de mano de obra

Tabla 16

Control de costos de mano de obra

Detalle	Valor	Dato referencia
Salario mes	1,300,000.0	
Auxilio de transporte	162,000.0	
Subtotal	1,462,000.0	
Factor prestacional	657,900.0	45%
Valor salario mes	2,119,000.0	

Fuente. Aportación propia de los investigadores.

La hoja de control de mano de obra, en caso de que se lleve contabilidad puede ser el documento de nómina, en todo caso puede ser reemplazo por un documento en el cual se anote el costo de lo que se pagó por concepto de mano de obra del operario u operarios.

4. Hoja de control de costos indirectos fijos

Cuadro 2*Control de costos indirectos fijos*

Detalle	Valor mes
Energía	200,000.0
Otros Servicios Públicos	45,000.0
Arrendamiento	270,000.0
mantenimiento impresoras	25,000.0
mantenimiento otros equipos	15,000.0
Seguros equipos	45,000.0
Depreciación equipos	235,000.0
Varios Imprevistos	65,000.0
Gran Total CIP Mes	900,000.0

Fuente. Aportación propia de los investigadores.

La hoja de control de costos indirectos fijos, permite consolidar el valor que se consumió dentro del periodo.

Modelo de punto de equilibrio multiproducto aplicado*Determinación del margen de contribución***Tabla 17***Elementos base para la determinación del margen de contribución*

DETALLE	Manos conmemorativas	Logo llavero Univalle	Pieza impresa correspondiente a llavero Univalle	Pieza modelo alternativo de letrero “YO AMO UNIVALLE”	Pieza modelo de impresión de llavero Univalle
INSUMOS	\$ 12.000	\$ 3.450	\$ 3.525	\$ 2.190	\$ 2.550
GRAN TOTAL COSTO	\$ 12.000	\$ 3.450	\$ 3.525	\$ 2.190	\$ 2.550
% ideal del costo de insumos/ precio de venta	25%	25%	25%	25%	25%
PRECIO DE VENTA SUGERIDO	\$ 48.000	\$ 13.800	\$ 14.100	\$ 8.760	\$ 10.200
MARGEN DE CONTRIBUCION	\$ 36.000	\$ 10.350	\$ 10.575	\$ 6.570	\$ 7.650

Fuente. Elaboración Propia.

En este caso, los modelos impresos utilizados como ejemplos son las manos conmemorativas, Logo llavero Univalle; Pieza impresa correspondiente a llavero Univalle; Pieza modelo alternativo de letrero “YO AMO UNIVALLE” y Pieza modelo de impresión de llavero Univalle.

En este ejemplo, al tener la información de consumo de insumos a través de la hoja de requisición de materiales se puede definir el precio a través de la determinación del porcentaje que representa el costo de los insumos.

Como se propone que el costo de insumos sea el único costo directo es necesario ceñirse a los siguientes criterios.

Porcentajes recomendados:

- Ideal / óptimo: 25% - 30%
- Aceptable / competitivo: hasta 35%
- Alto / riesgoso: más del 35%, especialmente si no se compensa con volumen o control de otro costo.

El costo de los materiales debe estar en un rango que no supere el 25% del precio, no obstante, la determinación del precio debe ser sopesada ante el mercado. Al tener identificado el costo de los insumos y el precio, identifica a través de una resta el margen de contribución de cada producto. Este margen será el cual permitirá determinar el margen de contribución ponderado, es decir el margen promedio que compartirá cada línea de producto. De igual manera es necesario identificar los porcentajes ideales del mix de ventas proyectadas, es decir se debe determinar cuántas ventas se esperan de cada uno de los ítems a vender.

La metodología para llegar al porcentaje de ventas esperadas sobrepasa el alcance contable, y ya entra dentro del campo del mercado y administración, sin embargo, se puede usar acercamientos como el bench marking, sondeo de mercados, entre otros. Es de aclarar que el presente trabajo no ahonda en este tema más si requiere presentar el concepto para comprender el procedimiento.

A modo orientativo se tomará el siguiente supuesto:

En un escenario ideal los productos de baja complejidad técnica deben ser los de más alta rotación y aceptación por ende lo ideal es que los tres tipos de llaveros y piezas pequeñas representen 20% de ventas mientras que las manos conmemorativas representen un 10% de las ventas.

Teniendo en cuenta lo anterior se realizará el siguiente esquema:

5. *Proyección de un caso hipotético***Tabla 18***Proyección de un caso hipotético*

Productos	Ventas proyectadas	Margen de contribución	Calculo de margen individual
Manos conmemorativas	10%	\$ 36.000	\$ 3.600,00
Logo Llaverio Univalle	20%	\$ 10.350	\$ 2.070,00
Pieza impresa correspondiente a llaverio univalle	20%	\$ 10.575	\$ 2.115,00
Pieza modelo alterno de letrero "YO AMO UNIVALLE"	25%	\$ 6.570	\$ 1.642,50
Pieza modelo de impresión de llaverio Univalle	25%	\$ 7.650	\$ 1.912,50
Margen de contribucion ponderado			\$ 11.340,00

Fuente. Elaboración Propia.

En este esquema se evidencia que se multiplica el margen de contribución individual por el porcentaje de ventas esperado de cada producto, y el resultado se suma, de esa manera se haya el margen de contribución ponderado, lo cual se interpreta que por cada unidad equivalente del mix de ventas, se generan \$ 11.340 para cubrir costos fijos.

Con este paso y la identificación de los costos fijos utilizados presentados

Tabla 19*Costos fijos*

Costo fijos	Valor
Sueldo y carga prestacional del monitor de impresión 3D	\$ 2.119.000,00
Costos indirectos fijos	\$ 900.000,00
total costos fijos	\$ 3.019.000,00

Fuente. Elaboración Propia.

Se aplica la formula del punto de equilibrio multiproducto.

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Margen de contribución ponderado}}$$

$3'019.000/11.340= 267$ piezas entre todo el mix de ventas.

Tabla 20*Punto de equilibrio*

Productos	Ventas proyectadas	Unidades punto de equilibrio total	Unidades por producto
Manos conmemorativas	10%	267	27
Logo Llaverio Univalle	20%	267	53
Pieza impresa correspondiente a llaverio univalle	20%	267	53
Pieza modelo alterno de letrero "YO AMO UNIVALLE"	25%	267	67
Pieza modelo de impresión de llaverio Univalle	25%	267	67
Total punto de equilibrio			267

Fuente. Elaboración Propia.

Al determinar las unidades mínimas necesarias para cubrir los costos fijos, se realiza los siguientes cálculos.

Tabla 21*Unidades a vender*

Productos	Precio Sugerido	Costo de insumo	Unidades a vender	ingresos	costos
Manos conmemorativas	\$ 48.000	\$ 12.000	27	\$ 1.296.000	\$ 324.000
Logo Llaverio Univalle	\$ 13.800	\$ 3.450	53	\$ 731.400	\$ 182.850
Pieza impresa correspondiente a llaverio univalle	\$ 14.100	\$ 3.525	53	\$ 747.300	\$ 186.825
Pieza modelo alterno de letrero "YO AMO UNIVALLE"	\$ 8.760	\$ 2.190	67	\$ 586.920	\$ 146.730
Pieza modelo de impresión de llaverio Univalle	\$ 10.200	\$ 2.550	67	\$ 683.400	\$ 170.850
Totales			267	\$ 4.045.020	\$ 1.011.255

Fuente. Elaboración Propia.

Con los datos de esta tabla definimos el siguiente informe de resultados.

Tabla 22*Estado de resultados*

Ingresos	\$ 4.045.020
costo de insumos	\$ 1.011.255,00
utilidad bruta	\$ 3.033.765,00
costos fijos	\$ 3.019.000,00
Resultado	\$ 14.765,00

Fuente. Elaboración Propia.

En este caso el valor da una pequeña utilidad, debido al redondeo de unidades, lo que significa que se cubre totalmente los costos fijos.

Conclusiones del objetivo específico 3

La propuesta de un sistema de costos por órdenes de producción para la línea de impresos 3D de la Universidad del Valle Seccional Cartago constituye una solución adecuada que responde integralmente a las características técnicas y operativas identificadas. El análisis desarrollado evidencia que la naturaleza altamente personalizable de los productos, la producción intermitente basada en pedidos específicos y la diversidad de recursos consumidos en cada orden justifican plenamente la adopción de esta metodología. La estructura documental propuesta, compuesta por formatos de orden de producción, requisición de materiales y hojas de control de costos, proporciona el equilibrio necesario entre simplicidad administrativa y rigor contable, facilitando su implementación en un entorno académico donde el personal puede no contar con formación contable especializada.

El tratamiento diferenciado de los elementos del costo, considerando únicamente los materiales como costo variable mientras se asigna la mano de obra y los costos indirectos como componentes fijos a ser cubiertos por el margen de contribución, representa una aplicación pragmática del principio de costo-beneficio. Esta simplificación permite mantener la carga administrativa en niveles razonables sin comprometer significativamente la precisión de la información generada, particularmente en un escenario de producción limitada como el actual. La metodología de margen de contribución y punto de equilibrio multiproducto complementa este enfoque, proporcionando herramientas analíticas esenciales para determinar volúmenes mínimos de operación, evaluar la viabilidad económica del laboratorio y fundamentar decisiones sobre precios y mezcla óptima de productos.

La aplicación hipotética del modelo a través del caso proyectado demuestra su viabilidad práctica y capacidad para generar información relevante para la gestión. El análisis revela que con el volumen y mix de ventas establecido (267 unidades distribuidas según porcentajes preestablecidos) y los costos fijos identificados (\$3,019,000), el laboratorio alcanzaría su punto de equilibrio operativo con un ligero margen positivo. Este resultado, aunque ajustado, confirma la factibilidad económica del emprendimiento bajo las condiciones actuales, sugiriendo simultáneamente la necesidad de estrategias para incrementar el margen de contribución mediante optimización de costos variables o ajustes en la política de precios.

Conclusiones

Mediante la investigación realizada para el presente proyecto, se pudo indagar y dar reconocimiento a los fundamentos teóricos relacionados con los costos, el sistema de costeo por órdenes de producción y la aplicación del concepto de margen de contribución, contextualizados en una línea de impresión 3D basada en la tecnología FDM (modelado por deposición fundida). Desde el marco metodológico, se evidenció que la unidad de impresión 3D de la institución no contaba con un instrumento formal de control como un sistema de costos que permitiera identificar con precisión los elementos que componen el costo de cada producto, así como las cantidades requeridas para su fabricación. Esta carencia impide establecer el precio real de los productos y, por consiguiente, desconoce la utilidad real generada por cada uno de ellos.

El diseño de un sistema de costos adecuado para la producción de impresos 3D bajo la tecnología de modelado por deposición fundida en el laboratorio de la Universidad del Valle sede Cartago ha permitido abordar una necesidad fundamental para la gestión eficiente de este componente académico. Mediante el análisis de los componentes del proceso productivo y la identificación precisa de los elementos del costo, se ha logrado establecer una metodología que no solo facilita la determinación de costos reales, sino que también proporciona herramientas analíticas para la toma de decisiones estratégicas.

Se identificó que las empresas dedicadas a la fabricación de piezas impresas mediante tecnología 3D deben contar con una estructura operativa parametrizada por procesos, permitiendo así el desarrollo eficiente de sus operaciones conforme a los estándares y normativas aplicables a su actividad económica. En ausencia de un sistema contable, y en particular de un sistema de costos, no es posible alcanzar un desarrollo organizacional adecuado, ya que se limita el registro y control de los procesos contables y financieros asociados al área de costos. Esto, a su vez, genera información poco confiable y tardía, lo que dificulta la toma de decisiones estratégicas y limita la capacidad de la empresa para mejorar su rentabilidad.

La caracterización del proceso productivo reveló una estructura operativa basada en etapas definidas, desde la conceptualización del diseño hasta los acabados finales, donde se combinan fases de alta intervención humana con periodos de operación automatizada. Esta dualidad, junto con la naturaleza altamente personalizada de los productos y la producción intermitente basada en pedidos específicos, fundamentó la selección del sistema de costeo por órdenes de producción como la metodología más adecuada para este contexto. La posibilidad de vincular directamente

los recursos consumidos con cada orden particular representa una ventaja significativa para la gestión financiera de productos tan heterogéneos como los desarrollados en este laboratorio.

A partir de este acercamiento se optó por aplicar el método de costeo por órdenes de producción debido a su adecuación a procesos altamente personalizados y centrados en pedidos individuales, características propias del entorno de impresión 3D bajo el modelo FDM. Asimismo, se implementó el modelo de punto de equilibrio multiproducto como herramienta de análisis financiero, considerando como único elemento variable el costo de los insumos, mientras que la mano de obra y los costos indirectos fueron tratados como costos fijos a ser cubiertos por el margen de contribución. Con el fin de asegurar la viabilidad económica del negocio, se estableció que el costo de los insumos no deberá superar el 25% del precio de venta, permitiendo así que el margen de contribución obtenido sea suficiente para cubrir los costos fijos y alcanzar el punto de equilibrio operativo.

El análisis detallado de los insumos y elementos del costo evidenció la complejidad inherente a esta tecnología, donde intervienen materiales diversos con propiedades específicas como los filamentos PLA, ABS, TPU y PETG, cada uno con aplicaciones y costos diferenciados. La identificación de variables críticas como la complejidad geométrica, la densidad de relleno y las estructuras de soporte permitió comprender los factores determinantes en el consumo de recursos, estableciendo bases sólidas para estimaciones precisas. Este conocimiento, complementado con la desagregación detallada de los tiempos de intervención en cada fase del proceso, facilita la asignación racional de costos directos e indirectos.

La implementación de los conceptos de margen de contribución y punto de equilibrio multiproducto proporcionó un marco analítico integral para evaluar la viabilidad económica del emprendimiento. El caso proyectado demostró que, con un volumen de 284 unidades distribuidas según la mezcla de productos establecida, el laboratorio alcanzaría su punto de equilibrio operativo, confirmando la factibilidad económica bajo las condiciones actuales. No obstante, el ajustado margen resultante sugiere la necesidad de implementar estrategias para incrementar la contribución marginal, ya sea mediante optimización de costos variables o ajustes en la política de precios, particularmente en aquellos productos con mayor potencial de rentabilidad.

La estructura documental propuesta, basada en formatos de orden de producción, requisición de materiales y hojas de control de costos, establece un equilibrio pragmático entre el

rigor contable y la simplicidad administrativa, facilitando su adopción en un entorno académico donde el personal técnico puede no contar con formación contable especializada. Esta aplicación del principio de costo-beneficio se extiende también al tratamiento simplificado de la mano de obra y los costos indirectos como componentes fijos, reduciendo la complejidad del sistema sin comprometer significativamente la calidad de la información generada, particularmente en escenarios de producción limitada como el actual.

Finalmente, este trabajo sienta las bases para una gestión profesionalizada de la línea de impresos 3D, transformando una actividad inicialmente concebida con propósitos educativos en un potencial emprendimiento sostenible. El sistema propuesto no solo permite determinar con precisión los costos reales de producción, sino que también proporciona información estratégica para decisiones fundamentales sobre precios, mezcla óptima de productos y aprovechamiento de recursos limitados. De esta manera, se contribuye significativamente a la posibilidad de que esta iniciativa trascienda el ámbito meramente académico para consolidarse como una unidad productiva autosostenible, aportando simultáneamente al desarrollo tecnológico y a la generación de recursos complementarios para la institución.

Recomendaciones

Para garantizar la sostenibilidad y eficiencia de una línea de impresión 3D basada en tecnología FDM, es fundamental la implementación de un sistema de costos por órdenes de producción. Este enfoque permite una asignación precisa de los costos directos de cada pedido, favoreciendo el cálculo de precios adecuados y la identificación de la utilidad real generada. Además, se recomienda la adopción de un modelo de punto de equilibrio multiproducto, considerando el costo de los insumos como variable y manteniendo la mano de obra y los costos indirectos como fijos, lo que facilita el control financiero y asegura la rentabilidad de la operación.

Se recomienda implementar formalmente el sistema de costos por órdenes de producción propuesto, iniciando con una fase piloto que permita realizar los ajustes necesarios antes de su adopción definitiva. Durante esta fase es fundamental documentar meticulosamente las variaciones entre costos estimados y reales para refinar los parámetros del sistema, particularmente en lo relacionado con tiempos de producción y consumo de materiales según la complejidad geométrica de las piezas.

Asimismo, se sugiere que la estructura operativa de la unidad de impresión 3D sea parametrizada por procesos, alineándose con estándares industriales y normativas aplicables. Esto posibilita una gestión más eficiente de los recursos y evita la generación de información contable poco confiable. Finalmente, se establece que el costo de los insumos no debe superar el 25% del precio de venta, garantizando que el margen de contribución obtenido sea suficiente para cubrir los costos fijos y alcanzar el punto de equilibrio. La implementación de estas recomendaciones fortalecerá la viabilidad económica del negocio y optimizará la toma de decisiones estratégicas en el área de costos.

Es aconsejable desarrollar un catálogo estandarizado de productos recurrentes (como llaveros institucionales, manos conmemorativas y letreros promocionales) con especificaciones técnicas predefinidas y hojas de costo estándar asociadas. Esta estandarización reducirá significativamente los tiempos de diseño y configuración, incrementando la productividad y mejorando los márgenes de contribución al distribuir los costos fijos entre un mayor volumen de producción.

Resulta prioritario establecer un sistema de registro detallado de tiempos para cada fase del proceso productivo (diseño, preparación, impresión y acabados), utilizando herramientas digitales simples que faciliten esta labor al personal técnico. Esta información permitirá identificar cuellos

de botella operativos, optimizar procesos y refinar progresivamente los estándares de tiempo utilizados en presupuestos y programación de producción.

Se sugiere implementar un programa de mantenimiento preventivo calendarizado para las impresoras 3D, estableciendo protocolos específicos según las recomendaciones de los fabricantes y las condiciones particulares de uso. Esta medida reducirá los costos asociados a fallos productivos y prolongará la vida útil de los equipos, mejorando la estructura económica del laboratorio a mediano plazo.

Para optimizar la relación entre costos fijos y volumen productivo, se recomienda desarrollar un plan de diversificación comercial que incluya alianzas con otras unidades académicas e incluso con entidades externas a la Universidad. La ampliación del mercado potencial permitirá incrementar el aprovechamiento de la capacidad instalada, mejorando la absorción de costos fijos y elevando la rentabilidad general del laboratorio.

Es importante analizar la viabilidad de incorporar materiales alternativos y de mayor valor agregado (como filamentos con partículas metálicas o de madera) que permitan desarrollar productos premium con márgenes de contribución superiores. Esta estrategia de diferenciación puede complementarse con servicios especializados como digitalización 3D o desarrollo de prototipos funcionales para proyectos académicos e industriales.

Finalmente, se recomienda desarrollar un programa de capacitación continua para el personal técnico, enfocado no solo en aspectos operativos de la impresión 3D sino también en fundamentos de costeo y gestión financiera. Este entrenamiento facilitará la adopción efectiva del sistema propuesto y fomentará una cultura de eficiencia y optimización de recursos en todas las fases del proceso productivo.

Referencias

- Cárdenas Mora , S. M., & Guarnizo Cuellar, F. (2015). *Costos por órdenes de producción y por procesos*. Bogotá: Universidad de La Salle.
- Procedimiento contable para el desarrollo e implantación del programa , Instructivo No. 013 de 2001 (Contaduría General De La Nación 12 de junio de 2001).
- Adobe Inc. (s.f). *what is 3d modeling*. Adobe:
<https://www.adobe.com/co/products/substance3d/discover/what-is-3d-modeling.html>
- Agudelo Tobón, L. F., & Escobar Bolívar, J. (2007). *Gestión por procesos*. Icontec.
- Alcaldía de Cartago. (s.f.). *Alcaldía de Cartago*. <https://www.cartago.gov.co/>
- Alvarado, B., & Rivas, G. (2006). Phily Crosby.
- Arenas, A. (2014). *El diseño y elaboración de prototipos dentro del aula del diseño*.
- Autodesk Inc. (s.f). *3d modeling software*. Autodesk:
<https://www.autodesk.com/latam/solutions/3d-modeling-software>
- Ball, R., & Brown, P. (1968). An Empirical Evaluation of Accounting Income Numbers. *Journal of Accounting Research*, Vol. 6, No. 2, 159-178.
- Barrantes Echavarría, R. (2002). *Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cuantitativo y cualitativo*. Editorial Eunod.
- Berchon, M., & Luyt, B. (2016). *La impresión 3D. Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general*. Editorial Gustavo Gili.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación*. PEARSON EDUCACIÓN.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia: Pearson.
- Bertalanffy, L. (1976). *Teoría General de los Sistemas*. México: Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Botta, M. (2002). Tesis, monografías e informes nuevas normas y técnicas de investigación y redacción. Editorial Biblos.
- Burrell, G., & Morgan , M. (1979). *Sociological paradigms and organisational analysis: Elements of the sociology of corporate life*. Londres: Heinemann.
- Cano Vicent, A., & Serrano Aroca, Á. (2021). Impresión 3D por modelado por deposición fundida: Manejo, funcionamiento y aplicaciones biomédicas. Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir.
- Casanova , C. I., Núñez, R. V., Navarrete, C. M., & Proaño, E. A. (2021). *Gestión y costos de producción: Balances y perspectivas*. Ecuador: Redalyc.

- Contreras, I. (1996). La investigación en el aula en el marco de la investigación cualitativa en educación: una reflexión acerca de sus retos y posibilidades. *Revista Educación*.
- Cooper, D., & Hooper, T. (1988). *Políticas de una transición justa: lecciones de las minas de carbón del Reino Unido*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CTCP, C. (2019). *El papel del Contador en el sector empresarial*. Bogota, Colombia.
- Cuervo Tafur, J., & Osorio Agudelo, J. A. (2006). *Costeo basado en actividades ABC Gestión basada en actividades ABM*. Ecoe Ediciones.
- Cuevas Villegas, C. F. (2010). El metodo de costeo por órdenes de producción. En C. F. Cuevas Villegas, *Contabilidad de Costos: enfoque Gerencial y de Gestión* (pág. 410). Cali, Valle del Cauca, Colombia: Pearson Editores, 3a edición.
- Dassault Systemes. (s.f). *Impresión 3D*. Retrieved 31 de 10 de 2024, from 3DEXPERIENCE Make: <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/3d-printing>
- Dominick, S. s. (1995). *Teoría de la producción*. México: MacGrau Editores.
- Fernández, V., & Méndez, P. (2020). Guía para la mejora de la calidad de fabricación en impresoras 3D de bajo coste. Universidad Politécnica de Madrid.
- Garrison, R., Noreen, E., & Brewer, P. (2021). *Contabilidad gerencial*. McGraw-Hill Education.
- Giraldo Ruiz, D., & Castillo Hurtado, W. (2020). *Estructura de costos por órdenes de producción, para las empresas del sector de impresión digital y de gran formato del municipio de Cartago, Valle del Cauca*. Universidad del Valle.
- Gómez de Ferraris, M. E., & Campos Muñoz, A. (2009). *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental*. Editorial Medica Panamericana.
- Hansen Don, R., & Mowen, M. M. (2007). *Administración de costos, contabilidad y control*. México: International Thompson Editores.
- Hargadon, B. (2001). Aspectos generales del método de costeo ódenes de producción. En B. Hargadon, *Contabilidad de Costos* (pág. 365). Bogotá, Colombia: Editorial Norma, 2a edición.
- Hargadon, B. J. (1985). *Contabilidad de costos*. Norma.
- Hopwood, A. (1983). On Trying to Study Accounting in the Contexts in Which it Operates. *Accounting, Organizations and Society, Vol. 8, No. 2/3*, 287-305.
- Horgren, C. T., Sundem, G. L., Stratton, W. O., Burgstahler, D., & Schatzberg, J. (2010). *Contabilidad adminitrativa (13. ed.)* . Pearson Educación.
- Horngren, C. T., & Kaplan, R. (1987). *Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting*. Boston: Harvard Business School Press.

- IASCF. (2009). *Normas internacionales de información financiera (NIIF) PARA pymes*. Londres: Concejo De Normas Internacionales.
- Jhonson, T., & Kaplan, R. S. (1987). *Pertinencia perdida: el auge y la caída de la contabilidad de gestión*. Boston: Harvard Business School Press.
- Kaplan, R. S. (1990). *Measures for Manufacturing Excellence*. Boston: Harvard Business School Press.
- Kinney, H. C., Broadbelt, K. G., Haynes, R. L., Rognum, I. J., & Paterson, D. S. (2011). The serotonergic anatomy of the developing human medulla oblongata: Implications for pediatric disorders of homeostasis. Elsevier.
- Krajewski, L. J., & Ritzman, L. P. (2000). *Administración de operaciones. Estrategia y análisis*. Pearson Educación.
- Laya, A. (2011). Los principios y postulados básicos de la contabilidad: Una perspectiva histórica-conceptual desde la doctrina contable. Universidad de los Andes.
- Martínez, V. (2013). Métodos, técnicas e instrumentos de investigación. *Una visión desde la epistemología dialéctica crítica*.
- Medina Romero, M., Rojas León, R., Bustamante Hoces, W., Loaiza Carrasco, R., Martel Carranza, C., & Castillo Acobo, R. (2023). Metodología de la investigación. *Técnicas e instrumentos de investigación*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología.
- Méndez, C. E. (2020). *Metodología de la investigación*. Alpha Editorial.
- Miller, P. (1994). LA CONTABILIDAD COMO PRÁCTICA SOCIAL E INSTITUCIONAL: UNA INTRODUCCIÓN. Hopwood, A. G., & Miller, P. (Eds.), *Accounting as Social and Institutional Practice*, 1-39.
- Molero, X. (2016). *Un viaje a la historia de la informática*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Molina, R. S. (2007). *Contabilidad de costos*.
- Morillo Moreno, M. (2002). *Diseño de sistemas de costeo: fundamentos teóricos*.
- Ortiz Aragon, A., & Rivero, G. (2006). *Estructuración de costos: Conceptos y metodología*. Pact USA.
- Pérez, J., & Merino, M. (2015). *Definicion.De*. Definición de prototipo: <https://definicion.de/prototipo/>
- Pineda Marin, E. (2008). *Diseño de un sistema de costos para pymes*. Bogotá: Panorama.
- Ramírez, D. (2013). *Contabilidad administrativa: Un enfoque para competir*. México: McGrawHill.

Real Academica Española. (s.f.). *Prototipo. En Diccionario de la lengua Española*.
<https://dle.rae.es/prototipo>

Rojas Medina, R. (2007). *Sistemas de costos: un proceso para su implementacion*. Manizales.

Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGrawHill.

Schroeder, R. (2005). *Administración de operaciones, conceptos y casos contemporáneos*. McGraw Hill.

Sicnova3d. (s.f.). *¿Qué son los STL? Cómo imprimir archivos en 3D*. Retrieved 2025 de mayo de 3, from Sicnova3d.com: <https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/que-son-los-stl-como-imprimir-archivos-en-3d/>

Sinisterra, G. (2006). *Contabilidad de costos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Sinisterra, G. (2011). Tasa de asignación de los Costos Indirectos. En G. Sinisterra, *Contabilidad de costos* (pág. 423). Eco editores.

Telich-Tarriba, J. E., Ramírez-Sosa, L. E., Palafox, D., Ortega-Hernandez, E., & Rendón-Medina, M. A. (2020). Aplicaciones de la impresión 3D en cirugía plástica reconstructiva. *Revista de la Facultad de Medicina*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15446/revfacmed.v68n4.77862>

Tinker, T. (1985). *Paper Prophets: A Social Critique of Accounting*. Nueva York: Holt, Rinehart and Winston.

Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (2014). Metodos de recolección de datos para una investigación. Universidad Rafael Landivar.

Torres, S. A. (1996). *Contabilidad de costos*.

UAM. (1994). *Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos*. México: Universidad Autónoma de México.

Universidad & Empresa. (2023). Binomio Universidad y empresa: años de colaboración y apoyos. *UNIVERSIDAD & EMPRESA*, 20-25.

Universidad del Valle. (s.f.). *Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación*. Retrieved 23 de abril de 2025, from Universidad del Valle: <https://otri.univalle.edu.co/>

Universidad del Valle. (s.f.). *Síntesis de una historia brillante*. <https://www.univalle.edu.co/>

Vargas, C. M. (2013). Caracterizacion de la investigacion contable. Universidad de Manizales.

Watts, R., & Zimmerman, J. L. (1986). *Positive Accounting Theory*. New Jersey: Prentice-Hall.

Apéndice

Apéndice 1

Formulario de creación de un nuevo producto

FORMULARIO DE CREACIÓN DE UN NUEVO PRODUCTO

Impresiones 3D XLT SAS.

Formulario de Creación de Material Fecha:

Descripción del nuevo producto _____ Vigente a partir de _____

código	Descripción	Unidad de medida	Costo unitario	Materia prima e insumos que integra el nuevo producto

Fuente. Aportación propia.

Apéndice 2

Reporte de órdenes de producción

REPORTE DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN

Reporte de órdenes de producción _____ Fecha _____

No. de orden	Descripción del producto	Cantidad estimada de producción	Cantidad real de producción	Unidad de medida	fecha	Estatus (en proceso/terminada)

Fuente. Aportación propia.

Apéndice 3*Reporte de costos de materias primas***REPORTE DE COSTOS DE MATERIAS PRIMAS**

Reporte para revisión del costo de las materias primas

Fecha de revisión: _____

Material	Descripción	Número de Orden	ubicación	Clase de movimiento	Unidad de medida	Fecha contabilización	Cant	Importe \$	Promedio

Fuente. Aportación propia.**Apéndice 4***Reporte de consumo de materia prima***REPORTE DE CONSUMOS DE MATERIA PRIMA**

Reporte para revisar las variaciones en el consumo de materia prima

Fecha _____

Materia prima	Código	Descripción	Número de orden	Unidad de medida	Cant de producción estimada	Cantidad necesaria de MP	Cantidad de MP consumida	Variación en unidades	Variación en costo

Fuente. Aportación propia.