

**De lo Tradicional a lo Ambiental: Diseño de un Modelo de Gestión Estratégica para la
Empresa Lux Art 3D**
Proyecto de Investigación



Trabajo de grado para optar por el título de Contador Público

Jhon Fredy Anacona Túquerres

Karen Lorena Santofimio Quipo

Leadith Alexandra Gutiérrez Vélez

Fundación Universitaria de Popayán
Facultad de Ciencias, Económicas Contables y Administrativas
Programa de Contaduría Pública
Popayán
2025

**De lo Tradicional a lo Ambiental: Diseño de un Modelo de Gestión Estratégica para la
Empresa Lux Art 3D**
Proyecto de Investigación



Jhon Fredy Anacona Túquerres
Karen Lorena Santofimio Quipo

Fundación Universitaria de Popayán
Facultad de Ciencias Económicas Contables y Administrativas
Programa de Contaduría Pública

Nombre del asesor:
Leadith Alexandra Gutiérrez Vélez

Popayán
2025

Nota de aceptación

Firma del director de la modalidad de grado

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, mes año

Dedicatoria

Queremos dedicar este proyecto, con cariño y respeto a nuestras familias quienes han sido uno de los pilares fundamentales en cada etapa de este camino académico.

En este mismo sentido dedicamos con mayor afecto este proyecto a nuestras madres por brindarnos esa fuerza y apoyo incondicional, por creer en nosotros aun cuando nosotros dudamos. Su amor, comprensión y sacrificio fueron siempre la motivación que nos permitió alcanzar este logro.

Los autores.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera directa e indirecta en la culminación de este proyecto de grado. En especial a nuestra docente Leadith Gutiérrez, le agradecemos su guía y apoyo durante este camino, también agradecemos a Iván Alexander Villareal por permitirnos ser parte de Lux Art 3D, espacio que nos brindó las herramientas y motivación necesarias para llevar a cabo la realización de este proyecto.

Tabla de Contenido

Introducción	13
Capítulo I. El Problema.....	17
1.1. Antecedentes	17
1.1.1. Contexto Nacional	17
1.1.2. Contexto Internacional.....	19
1.2. Planteamiento del Problema	23
1.3. Formulación del problema	24
1.4. Objetivos	25
1.4.1. Objetivo General.....	25
1.4.2. Objetivos Específicos.....	25
1.5. Justificación.	25
1.5.1. Justificación Teórica	25
1.5.2. Justificación Metodológica	26
1.5.3. Justificación Práctica	27
1.6. Marco de Referencia	27
1.6.1. Marco Contextual.....	27
1.6.2. Marco Teórico.	28
1.7. Diseño Metodológico.....	32
1.7.1. Enfoque de Investigación.....	32
1.7.2. Tipo de Estudio.	32
1.7.3. Técnicas de Recolección de la Información.	32
1.7.4. Población y Muestra	33
1.7.5. Tratamiento de la Información	33

1.7.6. Categorías y Subcategorías del Estudio	34
CAPÍTULO II. Análisis e Interpretación de Resultados.....	39
2.1. Análisis de las Diferencias entre la Estructura de Costos Tradicional y la Ambiental ..	39
2.1.1. Resultados Generales del Análisis Temático	39
2.1.2. Estructura de Costos Tradicional en Lux Art 3D	42
2.1.3. Estructura de Costos Ambiental en Lux Art 3D.....	49
2.2. Evaluación de los Beneficios Ecológicos Derivados de las Prácticas Sostenibles	60
2.1.4. Prácticas sostenibles implementadas	60
2.2.2. Percepción de Beneficios por Sostenibilidad.....	63
2.3. Diseño de un Modelo de Gestión Estratégica Basado en Contabilidad Ambiental	69
2.3.1. Gestión Estratégica con Enfoque Ambiental	69
2.3.2. Requerimientos Contables para la Contabilidad Ambiental	72
2.3.3. Responsabilidad Ambiental: Normativa, Formación y Stakeholders	77
2.3.4. Relación con el diagnóstico contable.....	81
2.3.5. Componentes Clave del Modelo de Gestión Estratégica Contable-Ambiental para Lux Art 3D	83
Conclusiones.....	85
Recomendaciones	88
Referencias Bibliográficas	91
Anexos	100

Lista de tablas

Tabla 1 Categorías y subcategorías en Atlas.Ti.....	33
Tabla 2 Estado de situación financiera de apertura de Lux Art- 3d a 28 de febrero de 2025	44
Tabla 3 Compra factura 1 filamento convencional	44
Tabla 4 Nómina de Lux Art-3D	45
Tabla 5 Distribución MOD.....	46
Tabla 6 Distribución CIF.....	46
Tabla 7 Depreciación de activos	47
Tabla 8 Estado de costos de ventas orden de producción 1 del 28 de febrero al 28 de marzo de 2025.....	47
Tabla 9 Kardex filamento convencional	48
Tabla 10 Hoja de costos orden real 1	48
Tabla 11 Compra factura 2 para filamento reciclado	52
Tabla 12 Compra factura 3 de trabajo artesanal.....	53
Tabla 13 Capacidad real vs capacidad máxima.....	53
Tabla 14 Kardex filamento reciclado	54
Tabla 15 Distribución MOD.....	55
Tabla 16 Distribución MOD-Capacidad máxima	55
Tabla 17 Distribución CIF.....	56
Tabla 18 Capacidad máxima para figura con mayor complejidad de modelo tamaño 15 cm.....	56
Tabla 19 Estado de costos de ventas orden de producción 2del 28 de febrero al 28 de marzo de 2025.....	56
Tabla 20 Hoja de costos orden real 2	57
Tabla 21 Hoja de costos capacidad máxima 1	58
Tabla 22 Hoja de costos capacidad máxima 2	59
Tabla 23 Estado de resultados 1 del 28 de febrero al 28 de marzo de 2025	65
Tabla 24 Estado de resultados 2 del 28 de febrero al 28 de marzo de 2025	66
Tabla 25 Pilares del Modelo de Gestión Estratégica Ambiental de Lux Art 3D.....	84

Lista de figuras

Figura 1 Frecuencia de codificación por categoría temática de Atlas.Ti	39
Figura 2 Gráfica de nube de palabras clave de Atlas.Ti	40
Figura 3 Mapa de árbol de palabras clave de Atlas.Ti	41
Figura 4 Frecuencia de codificación de la categoría costos tradicionales y sus subcategorías ...	42
Figura 5 Histograma de frecuencias para la categoría de costos tradicionales y sus subcategorías	43
Figura 6 Frecuencia de codificación de la categoría costos ambientales y sus subcategorías.....	50
Figura 7 Histograma de frecuencias para la categoría de costos ambientales y sus subcategorías	51
Figura 8 Frecuencia de codificación de la categoría practicas sostenibles y sus subcategorías ..	54
Figura 9 Histograma de frecuencias de la categoría de prácticas sostenibles y sus subcategorías	61
Figura 10 Frecuencia de codificación de la categoría percepción de beneficios y sus subcategorías	63
Figura 11 Histograma de frecuencias de la categoría de percepción beneficios y sus subcategorías	64
Figura 12 Frecuencia de codificación de la categoría gestión estratégica y sus subcategorías ...	69
Figura 13 Histograma de frecuencias de la categoría de gestión estratégica y sus subcategorías	70
Figura 14 <i>Frecuencia de codificación de la categoría requerimientos contables y sus subcategorías</i>	<i>73</i>
Figura 15 Histograma de frecuencias de la categoría de requerimientos contables y sus subcategorías.....	73
Figura 16 Frecuencia de codificación de la categoría responsabilidad ambiental y sus subcategorías.....	75
Figura 17 Frecuencias de la categoría de responsabilidad social y sus subcategorías	78

Lista de anexos

Anexo 1 Ficha de entrevista y consentimiento	100
Anexo 2 Datos a solicitar al entrevistado	100
Anexo 3 Preguntas para la entrevista.....	101

Resumen

Este trabajo de grado analiza la integración de la contabilidad ambiental en la empresa Lux Art 3D, dedicada a la manufactura aditiva, con el propósito de fortalecer su gestión estratégica y la toma de decisiones sostenibles. La problemática surge de la débil identificación y registro de costos ambientales, lo que limita la capacidad de la empresa para evaluar sus impactos ecológicos y optimizar sus procesos productivos. El estudio tuvo como objetivo general diseñar un modelo de gestión estratégica basado en contabilidad ambiental. Para esto, se desarrollaron tres objetivos específicos: comparar la estructura de costos tradicional y ambiental, evaluar los beneficios ecológicos derivados de las prácticas sostenibles, y proponer un modelo estratégico fundamentado en los hallazgos.

En la parte metodológica se aplicó un enfoque mixto, combinando: (a) análisis cualitativo, mediante entrevistas semiestructuradas codificadas en Atlas.ti, que permitieron identificar categorías como costos tradicionales, costos ambientales, prácticas sostenibles, percepción de beneficios, gestión estratégica, requerimientos contables y responsabilidad ambiental; y (b) análisis cuantitativo, a través de hojas de costos reales, proyecciones de capacidad instalada y estados de resultados, lo que permitió contrastar monetariamente los costos ambientales frente a los tradicionales. En cuanto a los resultados muestran que la empresa presenta una sólida estructura de costos tradicionales, pero registra de manera fragmentada sus costos ambientales. También se evidencia que la implementación de prácticas sostenibles, como el reciclaje de filamentos y la optimización energética, genera beneficios ecológicos percibidos por el personal, tales como reducción de residuos y mejora del uso de recursos.

Finalmente, el análisis permitió identificar vacíos en la gestión estratégica ambiental, especialmente en requerimientos contables, formación interna y alineación con stakeholders. Además, se concluye que la empresa necesita fortalecer la medición de impactos ambientales, institucionalizar prácticas sostenibles y adoptar un modelo de gestión estratégico ambiental que articule costos, sostenibilidad y procesos decisionales. Por otra parte, se espera que el modelo propuesto ofrece lineamientos operativos, contables y formativos para avanzar hacia una gestión sostenible y económicamente eficiente.

Palabras claves: Contabilidad ambiental; Estructura de costos; Sostenibilidad; Impresión 3D; Economía circular.

Introducción

En las últimas décadas ha cobrado relevancia la necesidad de que las empresas integren la sostenibilidad ambiental en su gestión. La contabilidad ambiental, entendida como la adaptación de los sistemas contables para incorporar información sobre costos y beneficios ecológicos, surge como una herramienta clave para lograrlo. Sin embargo, su implementación en pequeñas y medianas empresas (PYMES) sigue siendo incipiente, particularmente en países en desarrollo como Colombia. Muchas PYMES continúan operando con esquemas tradicionales de contabilidad que invisibilizan el impacto ambiental de sus operaciones, lo que conlleva decisiones incompletas y oportunidades perdidas de mejora (Chamorro & Herrera, 2021; Van der Poll, 2022; Velandia y Aparicio, 2022).

Colombia enfrenta una seria problemática de contaminación por plásticos, ya que cada año se vierten más de 19 millones de toneladas de residuos plásticos a ecosistemas acuáticos a nivel global, y a nivel nacional se recicla apenas ~10 % (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2023). En la ciudad de Popayán, esta realidad es aún más crítica: solo 10% de la basura diaria es reciclada, evidenciando un bajo aprovechamiento de residuos y la urgencia de iniciativas de economía circular (Alcaldía de Popayan, 2024). Las PYMES, que representan una porción importante de la producción, juegan un rol clave en esta situación. No obstante, suelen percibir la gestión ambiental como un costo extra y no la priorizan en su estrategia. Lux Art 3D es un emprendimiento local que busca justamente revertir esa tendencia, pues este se dedica a fabricar figuras mediante impresión 3D, utilizando como materia prima plástico reciclado de botellas PET. En este sentido, el problema de investigación se centra en cómo integrar efectivamente los principios de la contabilidad ambiental en Lux Art 3D para fortalecer su sostenibilidad. En términos prácticos, la empresa carecía de un modelo contable que reflejara sus esfuerzos ecológicos: su contabilidad tradicional registraba costos e ingresos financieros, pero no diferenciaba los costos ambientales ni cuantificaba los beneficios ecológicos. Esto dificultaba evaluar el impacto real (económico y ambiental) de usar material reciclado versus material virgen, así como la toma de decisiones estratégicas informadas sobre expansión o mejoras del proceso. La pregunta orientadora fue: ¿Qué beneficios obtendría Lux Art 3D al pasar de las prácticas y contabilidad tradicionales a una contabilidad ambiental, y cómo se puede diseñar un modelo de

gestión que incorpore dichos beneficios?

En sí, el propósito e impacto del estudio es diseñar un modelo de gestión estratégica basado en la contabilidad ambiental a la medida de Lux Art 3D. Este modelo busca proveer un marco estructurado para la toma de decisiones, asegurando que la dimensión ambiental se contemple al mismo nivel que la financiera. Adicionalmente, se espera que, al implementar el modelo, la empresa logre optimizar sus costos totales (identificando ahorros y eficiencias a través del reciclaje y la reducción de desperdicios), mejorar su desempeño ambiental (incrementando la cantidad de plástico reutilizado y disminuyendo su huella ecológica) y potenciar su valor de marca sostenible (atraendo clientes y aliados por su compromiso verde).

En un ámbito más amplio, el estudio aspira a demostrar la viabilidad de la contabilidad ambiental en microempresas locales, generando conocimiento aplicable a otras PYMES con vocación sostenible. Dado que en Colombia la contabilidad verde en PYMES aún es novedosa, este trabajo aporta evidencia y un caso práctico que puede inspirar a emprendedores y orientar políticas de fomento (Chamorro & Peña, 2022). Además, al fortalecer a Lux Art 3D, se contribuye a los esfuerzos regionales de Popayán por mejorar el reciclaje y reducir residuos plásticos, alineándose con las metas nacionales de eliminación de plásticos de un solo uso y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible en materia de producción y consumo responsables.

Para alcanzar el propósito, se utilizó una metodología interdisciplinaria, en la cual se efectuó un diagnóstico contable y operativo de Lux Art 3D, recopilando datos de su estructura de costos actual, volúmenes de producción, fuentes de materia prima y procesos internos. Luego, se revisaron sus estados financieros iniciales y documentos soporte complementando con la elaboración de tablas de costo específicas que comparan el enfoque tradicional vs. el enfoque ambiental. Paralelamente, se condujo una entrevista semiestructurada en profundidad con el propietario, indagando en sus percepciones, conocimiento y actitudes hacia la sostenibilidad y la contabilidad de costos. Esta entrevista se analizó cualitativamente mediante codificación temática asistida por Atlas.Ti, definiendo categorías alineadas con los objetivos específicos: costos tradicionales, costos ambientales, prácticas sostenibles, beneficios ecológicos, gestión estratégica, entre otras.

La fase cualitativa del estudio permitió comprender la lógica y motivaciones subyacentes a las cifras cuantitativas. Por tal razón, la investigación tiene así un carácter mixto: cuantitativo (análisis de registros contables, variaciones de costos) y cualitativo (análisis de discurso), lo cual enriquece

la validez de los hallazgos mediante triangulación. Asimismo, se revisó literatura especializada y casos similares (p. ej., modelos de contabilidad ambiental propuestos para PYMES colombianas) para fundamentar teóricamente las propuestas del modelo. Esta combinación metodológica aseguró un abordaje integral del problema, porque se midieron las diferencias reales en números y se exploró el significado y las implicaciones de esas diferencias para la gestión de la empresa. Los resultados del análisis mostraron diferencias significativas entre la estructura de costos tradicional y la ambiental. Con el enfoque tradicional, Lux Art 3D destinaba la mayor parte de sus recursos a la compra de filamento virgen, presentando un margen de utilidad reducido. En contraste, bajo el enfoque ambiental, la dependencia de insumos externos disminuye al reutilizar materiales, aunque emergen costos internos adicionales; no obstante, la empresa logró traducir su propuesta ambiental en mayores ingresos y utilidades, evidenciando un círculo virtuoso entre sostenibilidad y rentabilidad.

Adicionalmente, se constataron beneficios intangibles: la empresa construyó una reputación de innovación sostenible en la comunidad, involucrando a actores locales en su cadena de valor. Esto confirmó las hipótesis teóricas de que la contabilidad ambiental bien implementada puede potenciar todas las áreas de la gestión, producción, marketing y finanzas, en una pyme. Sobre la base de estos resultados, se delineó el modelo estratégico, enfatizando la creación de cuentas ambientales, la medición de indicadores de desempeño verde y la alineación con estándares como ISO 14001 para institucionalizar las prácticas sostenibles.

Este informe se organiza en tres capítulos principales, además de las conclusiones y recomendaciones finales. En este capítulo introductorio se presentó el contexto del problema, los objetivos del estudio, su justificación teórica, metodológica y práctica, así como la metodología empleada. El Capítulo I profundiza en El Problema, incluyendo los antecedentes nacionales e internacionales sobre contabilidad ambiental y sostenibilidad en PYMES, el planteamiento detallado del problema en Lux Art 3D, la formulación de la pregunta de investigación y los objetivos general y específicos ya enunciados, junto con la justificación desde diversas perspectivas (teórica, metodológica y práctica).

El Capítulo II constituye el Análisis e Interpretación de Resultados, donde se exponen los hallazgos empíricos obtenidos organizados según los objetivos específicos: primero, el análisis de las diferencias entre la estructura de costos tradicional y ambiental de Lux Art 3D, apoyado en figuras y tablas derivadas del análisis contable; segundo, la evaluación de los beneficios ecológicos de las

prácticas sostenibles de la empresa, integrando evidencia cuantitativa y cualitativa; y tercero, la propuesta de diseño del modelo de gestión estratégica basado en contabilidad ambiental, fundamentada en los resultados previos y la literatura. Finalmente, se presentan las Conclusiones, que responden puntualmente a cada objetivo específico, y las Recomendaciones, que ofrecen sugerencias de acción para la empresa y para investigaciones posteriores en este campo. Con esta estructura, el documento conduce al lector desde la identificación del problema hasta la solución propuesta, pasando por la evidencia que la sustenta, en un hilo coherente y fundamentado.

Capítulo I. El Problema

1.1. Antecedentes

1.1.1. Contexto Nacional

En Colombia, la contabilidad ambiental aún es incipiente, aunque ha recibido aportes recientes tanto desde la política pública como desde la academia. Beltrán (2021) señala que, este tipo de contabilidad permite cuantificar impactos y optimizar recursos, considerándose esencial para el desarrollo sostenible; sin embargo, advierte que su implementación práctica y su monitoreo deben reforzarse. En el sector de reciclaje de Piedecuesta, Saavedra y Uribe (2024) han propuesto un modelo de información que integra conceptos, normativas y prácticas de registro ambiental, junto con indicadores de sostenibilidad que fortalecen la toma de decisiones y la gobernanza ambiental. Ambas investigaciones coinciden en que, la adopción sistemática de la contabilidad ambiental facilita la medición de los impactos de las actividades productivas, mejora la eficiencia en el uso de recursos y favorece la formulación de estrategias empresariales orientadas al desarrollo sostenible. Por otro lado, un estudio de caso en Medellín concluye que, las empresas locales aún desconocen los beneficios de esta práctica y su contribución al cumplimiento normativo (Melguizo, 2024). En consecuencia, en el contexto colombiano la transición hacia una contabilidad verde es valorada, pero requiere mayor formación, respaldo institucional y un cambio cultural en las organizaciones.

Respecto a estructuras de costos sostenibles, en Colombia también se reconoce la necesidad de incorporar criterios ecológicos. Velandia y Aparicio (2022) analizan el aporte de la contabilidad ambiental en empresas industriales nacionales y concluyen que, sus beneficios potencian todas las áreas de gestión, es decir, la producción, las finanzas y los recursos humanos, a pesar de que, persiste cierto escepticismo gerencial sobre inversiones ambientales. Además, se considera, los costos ambientales (la prevención o la remediación), como parte de los costos totales para que las organizaciones pueden obtener oportunidades de ahorro y mayor eficiencia, contribuyendo así al desarrollo sostenible empresarial. De igual manera, la regulación colombiana ha enfatizado incentivos, pues al implementar Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) según ISO 14001, se minimiza consumos de materiales y emisiones, y, además, se mejora los procesos productivos y se

establecen departamentos ambientales por normativas legales. No obstante, muchos directivos aún perciben tales inversiones como un obstáculo financiero, indicando la necesidad de cambios de enfoque y subsidios para internalizar plenamente los costos sostenibles.

En el ámbito de la gestión estratégica ambiental nacional, existen iniciativas sectoriales e investigaciones focalizadas. Como ejemplo, se ha desarrollado propuestas de modelos de gestión adaptados al contexto local a través de investigaciones académicas, las cuales plantean sistemas de indicadores ambientales para PYMES basados en guías como ICONTEC y adaptaciones del EMAS europeo (Carbal *et al.*, 2020). Sin embargo, la aplicación generalizada de normas como ISO 14001 en Colombia continúa siendo baja en las pequeñas empresas según reportan estudios previos, en los que se observa que la certificación suele asociarse a menores ganancias esperadas (Vera, 2024). Ante esto, expertos sugieren integrar la variable ambiental en todos los procesos de decisión internos, de manera que las PYMES puedan anticipar exigencias futuras y convertir requisitos legales en oportunidades de eficiencia. Por tal razón, en Colombia, el diseño de un modelo contable ambiental estratégico debe tomar en cuenta el marco normativo vigente y las características de las empresas locales, apoyándose en casos como ISO 14001 y adaptándolos a la realidad económica de las PYMES (Velandia y Aparicio, 2022).

Por otra parte, Agudelo y Ramírez (2020) indican que, en el sector industrial de Medellín, la ausencia de sistemas de información integrados y la falta de capacitación técnica del personal contable limitan la consolidación de los costos ambientales en los reportes financieros, pese a que las empresas que adoptan estas prácticas mejoran el control de sus pasivos ecológicos y la toma de decisiones estratégicas. De forma complementaria, Naranjo y Correa (2020) evidencian que, la inserción de la contabilidad ambiental en las compañías de Medellín y Antioquia promueve la reutilización de materias primas, reduce residuos y fortalece la responsabilidad social empresarial, lo cual redundando en beneficios económicos y reputacionales. Por su parte, Camargo y Chacón (2024) proponen un modelo específico para las MIPYMES de Gachancipá que integra criterios cualitativos y cuantitativos, adoptando un enfoque flexible que permite medir externalidades ambientales y aplicar análisis costo-beneficio para fomentar la sostenibilidad de las pequeñas y medianas empresas. En conjunto, estas investigaciones coinciden en que, para aprovechar plenamente los beneficios de la contabilidad ambiental, es imprescindible desarrollar plataformas de información adecuadas, capacitar al personal y adaptar los modelos contables a las particularidades de cada tipo de organización.

Por último, se tiene que la impresión 3D con materiales reciclados ha sido tema de interés reciente en Colombia como tecnología sostenible. Según Escobar y Motta (2024), en la región Huila, reciclar botellas de PET para fabricar filamento de impresión 3D es viable técnica y ambientalmente, abriendo oportunidades para la economía circular local. Este tipo de estudios indican que, al reducirse el volumen de residuos plásticos y evitar la obtención de materia prima nueva, la impresión 3D verde puede generar beneficios ecológicos medibles en producción. Aunque aún son proyectos puntuales, estas experiencias demuestran el potencial de innovaciones tecnológicas para alinear los procesos productivos colombianos con los objetivos de sostenibilidad planteados, aportando valor práctico al diseño de un modelo de gestión contable ambiental.

1.1.2. Contexto Internacional

En los últimos años, la contabilidad ambiental, también denominada Environmental Management Accounting (EMA), ha emergido como una herramienta clave para integrar la sostenibilidad en la gestión empresarial (Javed *et al.*, 2022). Esta es concebida como un instrumento para ayudar a las organizaciones a gestionar su desempeño ambiental y reportar información relevante a las partes interesadas, la EMA recopila tanto datos financieros (costos e ingresos) como físicos (uso de recursos y emisiones) relacionados con el medio ambiente (Deb *et al.*, 2023). Esto permite identificar costos ambientales ocultos en las operaciones y reconocer el verdadero impacto económico de la huella ecológica, facilitando la gestión más eficiente de los gastos ambientales y la detección de oportunidades de ahorro o ingresos verdes (Mondal *et al.*, 2024).

Estudios evidencian la importancia de que las pequeñas y medianas empresas (PYMES) adopten la contabilidad ambiental para mejorar su sostenibilidad corporativa. A pesar de su menor tamaño, las PYMES consumen en conjunto más de la mitad de los recursos materiales y energéticos y son responsables de aproximadamente el 64 % de la contaminación industrial en Europa (Mansour *et al.*, 2025). No obstante, la adopción de prácticas de EMA sigue siendo baja en muchos países, debido a la baja conciencia ambiental, el escaso apoyo profesional, la falta de presión de los grupos de interés, la legislación débil y las limitaciones de recursos financieros o técnicos (Javed *et al.*, 2022). Para impulsar la EMA en PYMES, diversos autores sugieren reforzar los incentivos externos: un marco regulatorio más estricto y opciones de financiamiento “verde” han demostrado promover su adopción (Javed *et al.*, 2022), mientras que la implantación de sistemas de reporte y auditoría ambiental adaptados a pequeñas empresas facilita la integración de la información

ecológica en la contabilidad rutinaria (Deb *et al.*, 2023). En consecuencia, integrar la dimensión ambiental en la contabilidad puede mejorar simultáneamente el desempeño ecológico y financiero de las PYMES (Deb *et al.*, 2023; Mondal *et al.*, 2024).

Por otra parte, Sánchez *et al.* (2024) muestran que, el uso de la contabilidad ambiental mejora la eficiencia energética, reduce costos operativos e impulsa el desarrollo de productos eco-amigables, fortaleciendo la imagen corporativa. Por ejemplo, los autores dicen que las prácticas ambientales contables elevan significativamente la eficiencia energética y promueven la innovación verde, aunque enfrentan resistencias internas y necesidad de capacitación tecnológica. De igual forma, Susanto & Meiryani (2019) indica que, en Malasia, aunque muchas PYMES destinan presupuestos ambientales, su adopción depende en gran medida de la coerción regulatoria; se requiere atención de gobierno para superar barreras e incorporar plenamente estos sistemas. De acuerdo a esto, se puede afirmar que, la contabilidad ambiental puede integrarse en las empresas medianas, añadiendo perspectiva estratégica al analizar estructuras de costos, aun cuando en la práctica persisten retos organizativos (Huy & Phuc, 2024).

Otro aspecto a considerar es que la estructura de costos en las PYMES está evolucionando hacia criterios sostenibles. Respecto a esto, Mera y Andrade (2024) mencionan que, las empresas están adaptando sus sistemas de costos para incluir factores ambientales, y lo hacen, a través de los sistemas tradicionales para contabilizar costos totales de producción, incluyendo elementos ecológicos y sociales. Así, las empresas consideran los insumos convencionales y la eficiencia en recursos y la reducción de residuos, prácticas que generan ahorros y apoyan la sostenibilidad (Mera y Andrade, 2024). Por su parte, Barrueto y Marchena (2024) dicen que, los costos estratégicos en tecnología verde, capacitación e incentivos, tienen un impacto directo en la sostenibilidad de las PYMES, pues facilitan innovación y adaptación al mercado. Todos estudios indican que, al analizar estructuras de costos sostenibles, las empresas deben incorporar inversiones ecológicas como parte del presupuesto, vinculando así la contabilidad de costos con la cadena de valor ambiental.

Además de medir el impacto ambiental, las empresas están reestructurando sus modelos de costos para alinearlos con objetivos de sostenibilidad. Estas estructuras de costos sostenibles implican identificar y asignar adecuadamente los costos ambientales dentro de la contabilidad, de modo que las decisiones gerenciales reflejen el costo total (económico y ambiental) de las operaciones. En la adopción de herramientas de contabilidad gerencial verde se mejora la eficiencia y transparencia

en este ámbito. Por ejemplo, la aplicación de métodos como el Costeo Basado en Actividades (ABC) junto con la contabilidad ambiental permite asignar con mayor precisión los costos indirectos asociados al impacto ecológico, mejorando el seguimiento de dichos costos e identificando oportunidades de reducción (Hossain & Hasan, 2024). Un estudio reciente halló que, estas innovaciones condujeron a reducciones sustanciales de costos al eliminar ineficiencias y desperdicios, a la par de mejorar el desempeño medioambiental (Hossain & Hasan, 2024).

Otra técnica destacada es el coste del ciclo de vida (LCC), que extiende el análisis de costos más allá de la producción para incluir todas las etapas de la vida de un producto, desde la obtención de materias primas hasta la disposición final. Así que, integrar esta perspectiva ayuda a identificar costos de largo plazo asociados a materiales no sostenibles o a la generación de residuos, fomentando decisiones más responsables en el diseño de productos y procesos. Según la literatura, la adopción de LCC y de marcos estratégicos como un Cuadro de Mando Integral verde facilita la integración de los objetivos de sostenibilidad en la gestión empresarial, asegurando que la reducción del impacto ecológico vaya de la mano con beneficios financieros en el largo plazo (Hossain & Hasan, 2024).

La implementación exitosa de estas prácticas requiere también apoyo organizacional y tecnológico. El compromiso de la alta dirección y la colaboración interdisciplinaria resultan clave (Hossain & Hasan, 2024), al igual que la contabilidad de costo completo (full cost accounting), que integra en los estados financieros los costos ambientales indirectos, tales como las emisiones, gestión de residuos, etc. (Hossain & Hasan, 2024). La literatura coincide en que, tales innovaciones contables son vitales para lograr una gestión de costos sostenible y recomienda invertir en tecnologías avanzadas, adoptar metodologías de costeo verde y fomentar una cultura organizacional comprometida con la sostenibilidad (Hossain & Hasan, 2024).

En cuanto a modelos de gestión estratégica ambiental, la literatura internacional abunda en propuestas para integrar objetivos ecológicos en la dirección empresarial. Un enfoque común es la adopción voluntaria de SGA tipo ISO 14001 adaptados a PYMES. Algunos autores proponen marcos integrales, como el Balanced Scorecard ambiental, que añaden perspectivas de sostenibilidad al control corporativo. En este sentido, Carbal *et al.* (2020) diseñan un sistema de gestión ambiental para PYMES industriales basado en normas globales, enfatizando la minimización de impactos y el cumplimiento legal como elementos esenciales para una gestión eficiente. En general, la evidencia internacional muestra que incluir variables ambientales en la

planificación estratégica, por ejemplo, mediante indicadores verdes o SGA personalizados, permite a las empresas anticipar regulaciones, reducir costos ambientales a largo plazo y mejorar su competitividad.

En paralelo, la adopción de tecnologías sostenibles está transformando la gestión ambiental empresarial. En particular, la impresión 3D ecológica, fabricación aditiva con materiales reciclados, se alinea con los principios de la economía circular, que busca cerrar el ciclo de vida de los materiales reduciendo residuos y reutilizando recursos (Ibrahim *et al.*, 2024). Este enfoque convierte desechos plásticos en insumos productivos de nuevo valor, en contraste con el modelo lineal de producir-usar-desechar.

Adicionalmente, la crisis de contaminación por plásticos refuerza la urgencia de tales soluciones: entre 1950 y 2020 se generaron unos 6 800 millones de toneladas de desechos plásticos, pero solo un 10 % se recicló; el resto fue incinerado o acumulado en vertederos y entornos naturales (Ibrahim *et al.*, 2024). Esta acumulación provoca graves impactos ambientales, contaminando ecosistemas y contribuyendo al cambio climático. Reciclar el plástico para reintroducirlo en procesos productivos surge, así como una estrategia clave para aliviar la carga ambiental y conservar recursos finitos (Ibrahim *et al.*, 2024).

La impresión 3D con materiales reciclados ha ganado interés en la investigación reciente. Una revisión de 2024 describió más de cincuenta estudios sobre filamentos de plástico reciclado para impresión 3D, con un crecimiento notable en los últimos años (Ibrahim *et al.*, 2024). Los hallazgos indican que, los plásticos reciclados pueden transformarse en filamentos funcionales, aunque persisten desafíos técnicos, como variabilidad en propiedades térmicas o presencia de impurezas, que requieren ajustes en los procesos (Ibrahim *et al.*, 2024). Sin embargo, Lodha *et al.* (2023) destaca sus beneficios al decir que, esta transformación de los plásticos reduce significativamente los desechos y la dependencia de materias primas vírgenes, incrementando de esta forma la eficiencia energética global del proceso. Además, Zhu *et al.* (2021) indica que, este ejercicio tiene un gran potencial para la economía circular, mediante métodos que permiten reutilizar varias veces los mismos materiales. Desde la perspectiva de la sostenibilidad, usar residuos plásticos como materia prima reduce la dependencia de polímeros vírgenes, disminuye la cantidad de basura y recorta emisiones de CO₂ en comparación con la disposición tradicional (Ibrahim *et al.*, 2024; Mansour *et al.*, 2025).

Un caso práctico en el sector salud demostró estos beneficios: se fabricó filamento 3D a partir de tapas de botellas plásticas recicladas para imprimir modelos médicos, logrando importantes ahorros frente al filamento comercial y reduciendo las emisiones de CO₂ (Mansour *et al.*, 2025). Este ejemplo confirma la viabilidad de integrar la economía circular en la manufactura aditiva sin sacrificar calidad. En general, aprovechar desechos plásticos como insumo de impresión es factible y financieramente ventajoso, pues reduce el costo de los materiales de fabricación (Ibrahim *et al.*, 2024). Al descentralizar la producción y reutilizar residuos locales, la impresión 3D ecológica fomenta la innovación sustentable y diversifica la cadena productiva local (Mansour *et al.*, 2025). La adopción de tecnologías verdes como la impresión 3D con materiales reciclados debe ir acompañada de una contabilidad ambiental adecuada que cuantifique sus costos y beneficios. La EMA proporciona métricas para cuantificar los ahorros obtenidos, por ejemplo, al evitar la compra de plástico virgen, y los beneficios ecológicos logrados (menor contaminación), demostrando el valor de estas innovaciones para la empresa (Deb *et al.*, 2023).

1.2. Planteamiento del Problema

La contaminación por plásticos es una de las crisis medioambientales más graves actuales. A nivel global, cada año se vierten entre 19 y 23 millones de toneladas de residuos plásticos en lagos, ríos y océanos (United Nations Environment Programme [UNEP], 2025), y desde 1950 más del 75% del plástico producido ha terminado como desecho (World Wildlife Fund for Nature de Colombia (WWF Colombia), 2023). Esta tendencia creciente de basura plástica genera serios impactos ecológicos: por ejemplo, casi el 90% de las especies marinas evaluadas se ven afectadas por residuos en el océano, por enredos o ingestión (WWF Colombia, 2023). En Colombia se generan aproximadamente 700.500 toneladas anuales de envases plásticos, pero sólo el 30% se recicla (WWF Colombia, 2023), lo que indica una baja recuperación de recursos. A nivel local, la situación es similar: en Popayán sólo el 10% de las casi 9.000 toneladas de basura diarias es reciclado (900 toneladas) (Alcaldía de Popayán, 2024). Estas cifras reflejan un manejo deficiente de residuos en la ciudad, lo que agrava la contaminación local y compromete la conservación de recursos. De hecho, la Alcaldía de Popayán enfatiza que es urgente reflexionar sobre los hábitos de consumo y la importancia de reciclar en la fuente para reducir el impacto ambiental y conservar los recursos

naturales (Alcaldía de Popayán, 2024).

En este contexto, las PYMES juegan un rol clave. Aunque una encuesta reciente muestra que el 76% de las PYMES colombianas ha implementado al menos una acción ambiental como el ahorro de agua, energía o reciclaje (Suárez, 2024), muchas de estas medidas se centran en reducción de costos operativos más que en sostenibilidad integral. En la práctica, la gestión ambiental en las PYMES enfrenta limitaciones estructurales: existe bajo nivel de concientización, la problemática ambiental no suele ser prioridad en la gestión empresarial y a menudo se percibe como un costo adicional (Restrepo, 2021).

En el caso específico de la impresión 3D, esta tecnología presenta beneficios medioambientales potenciales, por ejemplo, disminuye el desperdicio de materiales hasta en un 90% comparado con la fabricación tradicional (Soluciones Sicnova SL, 2024) y permite usar plásticos reciclados para desviar toneladas de desechos de vertederos y océanos (Recycling Today, 2025). Sin embargo, si las empresas no incorporan formalmente estos aspectos en su contabilidad, la información ambiental sigue siendo invisible en la toma de decisiones.

La consecuencia de esta brecha es que, sin un modelo de gestión estratégica enfocado al ambiente, las PYMES como Lux Art 3D podrían desperdiciar oportunidades para innovar y reducir impactos. De acuerdo con un estudio de Science se estima que, manteniendo las prácticas actuales, la cantidad de plástico vertido al mar pasaría de 11 a 29 millones de toneladas anuales para 2040, acumulando 600 millones de toneladas en los océanos (Brock, 2020). Esto equivale a más de tres millones de ballenas azules en peso, con efectos devastadores en ecosistemas y salud pública. En el ámbito local y nacional, esta inacción agravaría la contaminación por microplásticos y el uso ineficiente de los recursos.

En general, la problemática ambiental asociada a la contabilidad empresarial en PYMES (especialmente en impresión 3D con plástico reciclado) radica en la falta de métricas ambientales que guíen la gestión: esto provoca ineficiencias, externalidades negativas sin corregir y riesgos futuros crecientes (Brock, 2020; Camargo, 2024)

1.3. Formulación del problema

¿Cuáles son los beneficios que tendría la empresa Lux Art 3D al pasar de la contabilidad y prácticas tradicionales a las ambientales?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un modelo de gestión estratégica basado en la contabilidad ambiental para la empresa Lux Art 3D, a partir del análisis de su estructura de costos y beneficios ecológicos frente al enfoque tradicional.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar las diferencias entre la estructura de costos tradicional y la estructura de costos ambiental en la empresa Lux Art 3D.
- Evaluar los beneficios ecológicos derivados de las prácticas sostenibles aplicadas por la empresa Lux Art 3D, desde los principios de la contabilidad ambiental.
- Diseñar un modelo de gestión estratégica basado en contabilidad ambiental para la empresa Lux Art 3D.

1.5. Justificación.

1.5.1. Justificación Teórica

La fundamentación teórica de este proyecto integra conocimientos de contabilidad ambiental, impresión 3D sostenible y modelos de gestión ambiental, como ISO 14001. En primer lugar, la contabilidad ambiental se concibe como la disciplina contable orientada a incorporar en los sistemas financieros la información sobre costos y beneficios ambientales de la empresa. Según Camargo (2024), este enfoque permite medir e informar los gastos en prevención de daños, inversiones en tecnologías limpias y manejo de residuos, facilitando la transparencia hacia los inversores y reguladores (Camargo, 2024). Además, la contabilidad ambiental ayuda a identificar oportunidades para mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad a largo plazo (Burrirt, 2021; Camargo, 2024). Estos referentes justifican su uso en el estudio, pues proporcionan el marco conceptual para cuantificar el impacto ecológico de Lux Art 3D y su posible reducción de costos. Por otro lado, la impresión 3D sostenible y la economía circular aportan la base para entender las capacidades tecnológicas de Lux Art 3D. En la fabricación aditiva puede reducir drásticamente el desperdicio de materiales hasta el 90% (Soluciones Sicnova SL, 2024) y permitir el uso de filamentos hechos de plásticos reciclados, disminuyendo la huella de carbono de la producción (Fundación para el Desarrollo y la Innovación, 2023; Recycling Today, 2025). Estos antecedentes explican por qué incluir estudios sobre economía circular, reciclaje de plásticos e impresión 3D

ecológica: sustentan el potencial ambiental del proceso productivo de Lux Art 3D y establecen comparaciones con métodos tradicionales.

Por último, los modelos de gestión ISO 14001 se adoptan como referente por su reconocimiento internacional en sistemas de gestión ambiental. La norma ISO 14001:2015 proporciona un marco sistemático para que las organizaciones protejan el medio ambiente y respondan a condiciones cambiantes, equilibrando objetivos ecológicos con necesidades socioeconómicas (International Organization for Standardization [ISO], 2015). Incluir esta norma en la revisión teórica resulta pertinente, pues facilita el diseño de un modelo estratégico alineado con buenas prácticas, tales como la identificación de aspectos ambientales, la definición de objetivos medibles y la implementación de procesos de mejora continua.

En este sentido, las referencias seleccionadas (contabilidad ambiental, impresión 3D sostenible e ISO 14001), respaldan su incorporación al ofrecer herramientas conceptuales integradoras. No obstante, se identifican brechas importantes: son escasos los estudios que articulan estas dimensiones en el contexto de las PYMES y que, además, midan cuantitativamente sus impactos. Por esto, esta investigación se plantea como un aporte novedoso que integra enfoques dispersos y contribuye a llenar vacíos en la literatura existente.

1.5.2. Justificación Metodológica

La presente investigación adopta un enfoque mixto, con el fin de abordar de manera integral las dimensiones del problema y asegurar el cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos. El componente cuantitativo–documental, basado en la revisión sistemática de los registros contables de Lux Art 3D (balances, facturas y asientos diferenciados), permite medir y comparar con rigor las diferencias entre la estructura de costos tradicional y la ambiental. Mediante a la organización de la información en hojas de cálculo y al análisis de variaciones absolutas, porcentuales y de tendencias, se garantizan resultados objetivamente contrastables que responden al primer objetivo específico.

Por su parte, la fase cualitativa, apoyada en entrevistas semiestructuradas y en un análisis que profundiza en las percepciones y significados atribuidos por el propietario y los colaboradores de las áreas contable y ambiental de la empresa. Esta técnica ofrece una comprensión rica y contextual de los beneficios ecológicos y organizacionales derivados de las prácticas sostenibles, alineándose con el segundo objetivo específico. La triangulación de datos a través de registros contables, narrativas de los actores y referencias normativas como ISO 14001,

fortalece la validez y confiabilidad de los hallazgos, mientras que el uso de herramientas como Atlas.Ti para el análisis temático y Excel para la cuantificación de la información. En conjunto, este diseño metodológico ofrece un marco sólido y coherente que facilita tanto la evaluación empírica de costos y beneficios como la generación de un modelo de gestión estratégica basado en contabilidad ambiental para Lux Art 3D.

1.5.3. Justificación Práctica

Para Lux Art 3D, el modelo de gestión estratégica propuesto proporcionará un marco concreto en la integración de la sostenibilidad en su contabilidad y operaciones. Esto le permitirá identificar oportunidades de eficiencia, por ejemplo, optimizar uso de materiales o energía, cumplir normativas ambientales emergentes y mejorar su reputación ecológica. Al aprovechar el potencial de la impresión 3D con plástico reciclado de forma sistemática, Lux Art 3D puede reducir sus costos de producción y diferenciarse en el mercado. Para los investigadores, el proyecto ofrece un aprendizaje aplicado sobre cómo trasladar teorías ambientales al contexto real de una PYME y desarrollar habilidades en métodos mixtos y herramientas analíticas.

A su vez, la investigación aporta a la Fundación Universitaria de Popayán al fomentar la vinculación con el sector productivo local y al generar nuevo conocimiento en áreas estratégicas, tales como la sostenibilidad, el emprendimiento tecnológico y la gestión. Los resultados pueden servir como insumo en programas académicos o proyectos de extensión, fortaleciendo la misión de impacto territorial de la institución. Por último, a nivel social y ambiental local, este estudio promueve prácticas de economía circular y conciencia empresarial. Dado que la ciudad enfrenta bajos índices de reciclaje (Alcaldía de Popayán, 2024) y un creciente problema de residuos plásticos, proveer a las empresas de un modelo estratégico significa colaborar en la reducción de la huella ecológica regional. Además, al alinearse con las directrices nacionales como la eliminación de plásticos de un solo uso y los llamados locales a reciclar, la investigación contribuye a la cultura ambiental de la comunidad payanesa y apoya metas de desarrollo sostenible a mediano plazo.

1.6. Marco de Referencia

1.6.1. Marco Contextual

El proyecto se desarrolla en el emprendimiento Lux Art 3D, una iniciativa independiente cuyo objetivo es transformar botellas plásticas tipo PET en filamento reutilizable para impresoras 3D, contribuyendo así a la economía circular y a la reducción de costos en la fabricación digital. Esta

idea surge a partir de la necesidad de encontrar una utilidad práctica para el alto volumen de residuos plásticos, al tiempo que se facilita el acceso a materiales de impresión 3D para estudiantes universitarios con recursos económicos limitados, quienes enfrentan dificultades para adquirir rollos comerciales que pueden costar entre \$80 000 y \$120 000 por kg.

La operación del proyecto consiste en la recolección, limpieza, corte y extrusión de botellas plásticas para convertirlas en filamento de bajo costo, que puede ser utilizado en prototipos o piezas académicas sin necesidad de adquirir insumos nuevos. Este proceso representa una solución ambiental al reutilizar residuos plásticos y una solución económica al disminuir los gastos en materiales para impresión 3D. A nivel territorial, el proyecto se desarrolla en la ciudad de Popayán, donde el reciclaje aún se encuentra en una etapa incipiente es incipiente y donde las iniciativas de manufactura sostenible pueden generar impacto significativo en la comunidad estudiantil y en el medio ambiente local.

Con esta propuesta, Lux Art 3D se posiciona como un emprendimiento que no solo promueve la innovación tecnológica mediante la fabricación aditiva con materiales reciclados, sino que también democratiza el acceso a esta tecnología para sectores con menores ingresos, fortaleciendo al mismo tiempo la conciencia ambiental y la autogestión productiva.

1.6.2. Marco Teórico.

1.6.2.1. Contabilidad ambiental

La contabilidad ambiental se define como la disciplina que integra las consideraciones ecológicas en los sistemas contables y de reporte financiero de las organizaciones. Su propósito es ofrecer una visión más completa del impacto económico y ambiental de las actividades empresariales (Camargo, 2024). Al incorporar los costos y beneficios asociados al uso de recursos naturales, la gestión de residuos y las emisiones contaminantes, esta contabilidad permite a las empresas evaluar y mejorar simultáneamente su desempeño económico y ambiental (Camargo, 2024). Como señalan Aguilar y García (2019), al integrar los costos ambientales en la contabilidad corporativa se fortalece la sostenibilidad financiera y reputacional, pues las organizaciones mejoran su cumplimiento normativo, optimizan sus procesos y ganan la confianza de inversores y clientes. Además, la contabilidad ambiental fomenta la transparencia corporativa, permitiendo reportar de modo claro y detallado el impacto medioambiental ante las partes interesadas (Camargo, 2024). En el caso de Lux Art 3D, la adopción de la contabilidad ambiental proporcionará métricas cuantitativas para medir los impactos de sus procesos de impresión aditiva, especialmente el uso

de materiales reciclados, y servirá de base para formular indicadores de desempeño ambiental que respondan al objetivo de optimizar la gestión de costos ecológicos dentro de la propuesta.

1.6.2.2. Estructura de Costos Sostenible.

Una estructura de costos sostenible exige incluir explícitamente los costos ecológicos en la planificación financiera, de modo que la empresa garantice su viabilidad económica a largo plazo sin comprometer el medio ambiente. Conforme con esto, la contabilidad ambiental emplea métodos específicos de costeo verde, tales como los que se presentan a continuación.

1.6.2.2.1. Contabilidad de Costos Ambientales.

Identifica y asigna los costos directos e indirectos relacionados con la gestión ambiental, tales como gastos de prevención de la contaminación, tratamiento de residuos y multas por incumplimiento de normas (Camargo, 2024). Este enfoque revela qué partidas de la empresa impactan el ambiente y permite evaluar inversiones limpias versus costos de daño ambiental.

En la propuesta para Lux Art 3D, la definición de una estructura de costos sostenible basada en LCA y contabilidad ambiental es vital para diseñar un modelo financiero que incluya inversiones en materiales reciclados y tecnologías verdes, vinculado directamente al objetivo de proponer un esquema de costos que favorezca la economía circular y la sustentabilidad.

1.6.2.2.2. Análisis del Ciclo de Vida (ACV; LCA, Life Cycle Assessment)

Analiza el impacto ambiental de un producto o servicio en todas sus etapas, desde la extracción de materia prima hasta su disposición final, identificando áreas de mejora a lo largo del ciclo de vida (Camargo, 2024). En particular, el costo del ciclo de vida (CCV; LCC, Life Cycle Costing) suma los costos totales de un producto a lo largo de su vida útil, incluyendo las externalidades ambientales (Ingemarsdotter, 2022). Esto revela que el precio inicial de compra no refleja los costos completos de su producción y desecho, ofreciendo así un criterio más amplio para la toma de decisiones.

Integrar estos métodos permite a Lux Art 3D diseñar una estructura de costos que refleje su compromiso ambiental, por ejemplo, al calcular los costos ambientales integrales se pueden identificar oportunidades de ahorro a largo plazo, invirtiendo en tecnologías limpias, y planificar inversiones de capital como nuevos equipos de gestión de residuos de forma sustentable. Asimismo, esta estructura orienta la fijación de precios teniendo en cuenta el valor económico de evitar impactos negativos, alineándose con el planteamiento de economía circular descrito a continuación.

La sección de impresión 3D con materiales reciclados fundamenta la selección de insumos en Lux Art 3D y sustenta el componente experimental de la propuesta, ya que los indicadores de reducción de emisiones y de eficiencia material servirán como variables de evaluación en el experimento piloto de producción sostenible.

1.6.2.3. Impresión 3D con Materiales Reciclados.

La impresión 3D sostenible es un elemento clave para Lux Art 3D al transicionar hacia prácticas ambientales, como la fabricación aditiva facilita la reutilización de plásticos post-consumo transformándolos en filamentos para nuevas piezas. Ruiz *et al.* (2022) indican que la impresión 3D ofrece la posibilidad de reprocesar, reutilizar y remanufacturar materiales plásticos de manera limpia y eficiente. De hecho, en el contexto de la economía circular la impresión 3D permite cerrar los ciclos de producción: diversas empresas ya fabrican componentes a partir de desechos plásticos reciclados.

Esta reutilización conlleva beneficios ambientales medibles. Emplear plásticos reciclados en la producción de filamentos no solo reduce la cantidad de residuos enviados a vertederos, sino también el consumo energético asociado a la fabricación de polímeros vírgenes (Arévalo, 2025). Se estima que procesar material reciclado en filamentos puede disminuir las emisiones de carbono en un rango cercano al 30–80% en comparación con plásticos nuevos (Arévalo, 2025). En suma, la incorporación de materiales reciclados en la impresión 3D constituye una solución de economía circular que minimiza residuos y huella de carbono (Arévalo, 2025).

En la práctica, esto implica seleccionar filamentos sostenibles: desde polímeros biodegradables, como el PLA (ácido poliláctico), derivado del almidón de maíz u otros biopolímeros, hasta materiales reforzados con fibras naturales (madera, y bambú) y plásticos completamente reciclados. En Lux Art 3D se emplean, entre otros, filamentos PLA reciclados y filamentos PET (polietileno tereftalato) obtenidos de botellas plásticas posconsumo; asimismo, existen compuestos comerciales como BambooFill (PLA con fibra de bambú) y filamentos de madera reciclada (Atienza y Climent, s. f.; Dassault Systèmes, s. f.).

La sección de impresión 3D con materiales reciclados fundamenta la selección de insumos en Lux Art 3D y sustenta el componente experimental de la propuesta, ya que los indicadores de reducción de emisiones y de eficiencia material servirán como variables de evaluación en el experimento piloto de producción sostenible.

1.6.2.4. Economía Circular

La economía circular plantea un cambio de paradigma productivo donde los recursos se mantienen en uso el mayor tiempo posible y el valor de los productos y materiales se conserva al máximo (Almeida y Díaz, 2020). Según la norma XP X30-901 de AFNOR (Association Française de Normalisation, Francia) y las directrices de la Comisión Europea (2015), en este modelo el valor económico de los bienes se maximiza mientras se minimiza la generación de residuos. En efecto, Almeida y Díaz (2020) subrayan que la economía circular propone la regeneración de los sistemas de producción, inspirándose en patrones naturales de ciclos materiales y diseñando cada fase del proceso productivo con criterios de regeneración y reciclaje, transformando residuos en nuevos recursos.

Para Lux Art 3D, la adopción de la economía circular implica reinventar su cadena de valor: reutilizar plásticos como materia prima, optimizar el consumo de insumos y revalorar los productos al final de su vida útil. En este sentido, la impresión 3D con materiales reciclados actúa como habilitador, ya que es una de las tecnologías emergentes que permiten cerrar el ciclo de los productos plásticos (Arévalo, 2025; Ruiz *et al.*, 2022). De hecho, algunos autores plantean que la economía circular favorece la reconfiguración de las cadenas de suministro en unidades más pequeñas y flexibles, lo que encaja con el perfil de empresas innovadoras como Lux Art 3D (Ruiz *et al.*, 2022). En suma, los principios de la economía circular guían la transformación de procesos tradicionales hacia modelos de negocio sostenibles, donde la contabilidad ambiental y la impresión 3D reciclada convergen para optimizar recursos y minimizar impactos.

La adopción de la economía circular articula los conceptos previos y orienta la metodología propuesta, puesto que el análisis de la cadena de valor circular constituirá la base para el diseño de un modelo de negocio sostenible que Lux Art 3D podrá implementar y evaluar en términos de reducción de residuos y recuperación de valor.

1.6.2.5. ISO 14001 y Gestión Ambiental

Los modelos de gestión ambiental estandarizados brindan la estructura necesaria para implementar este enfoque estratégico. La norma ISO 14001:2015 es el estándar internacional más reconocido en SGA (ISO, 2015). Proporciona un marco completo para diseñar e implementar un SGA y mejorar continuamente el desempeño ambiental de la organización (ISO, 2015). Al adoptar ISO 14001, una empresa se compromete a identificar sus aspectos ambientales, reducir su huella ecológica y cumplir con los requisitos legales ambientales pertinentes. ISO 14001 promueve prácticas como el uso eficiente de recursos, la gestión de residuos y la transparencia con las partes

interesadas (ISO, 2015).

La experiencia empírica muestra que implementar ISO 14001 puede generar beneficios concretos: reducción de desechos, ahorro energético y disminución de costos operativos, al mismo tiempo que mejora la reputación de la compañía ante clientes e inversores (ISO, 2015). Es decir, más allá de cumplir normas, un SGA certificado impulsa a las empresas a integrar la sostenibilidad en su estrategia global. En Lux Art 3D, un modelo de gestión basado en ISO 14001 serviría para coordinar las prácticas aquí descritas: la contabilidad ambiental proveería métricas clave, mientras que la norma guiaría la planificación y el mejoramiento continuo.

Integrar ISO 14001 en la propuesta permitirá estructurar un SGA para Lux Art 3D que coordine las métricas de contabilidad ambiental, los métodos de costeo verde y las prácticas de economía circular, asegurando que las recomendaciones estratégicas se traduzcan en un proceso de mejora continua certificado y alineado con las exigencias regulatorias.

1.7. Diseño Metodológico

1.7.1. Enfoque de Investigación.

Este estudio fue con un enfoque mixto, ya que sus componentes fueron cuantitativo-documental para el análisis de los registros contables y cualitativo para la comprensión de las percepciones de los actores de Lux Art 3D. En la parte cualitativa se tuvo en cuenta una metodología que permitió interpretar los significados atribuidos al paso de la contabilidad tradicional a la ambiental (Fuster, 2019), mientras que la revisión documental de Excel otorgó un análisis cuantitativo al realizarse un contraste entre los costos tradicionales y ambientales.

1.7.2. Tipo de Estudio.

Este estudio se trató de un estudio descriptivo-interpretativo con diseño fenomenológico en la fase cualitativa y descriptivo-comparativo en la fase cuantitativa. En la primera, se exploraron en profundidad las experiencias y prácticas de contabilidad ambiental sin buscar generalización (Fuster, 2019). En la segunda, se documentaron y compararon sistemáticamente valores de costos en Excel para evidenciar diferencias absolutas y porcentuales.

1.7.3. Técnicas de Recolección de la Información.

1.7.3.1. Fuentes Primarias.

En esta parte se realizó entrevistas semiestructuradas a un participante, quien es el propietario de Lux Art 3D. El guion de la entrevista fue diseñado con base a los objetivos de la investigación y se buscó explorar percepciones sobre los costos, los beneficios ecológicos y las necesidades de

mejora en la gestión. Cabe señalar que, las preguntas de la entrevista fueron presentadas previamente al dueño de Lux Art 3D y a la docente asesora del trabajo de grado, con el fin de hacer los ajustes necesarios para la aplicación de esta en el estudio. Una vez se realizó los ajustes sugeridos, se obtuvo lo que se puede ver en los Anexos 1, 2 y 3, que son básicamente las consideraciones y las preguntas de la entrevista.

1.7.3.2. Fuentes Secundarias

En este procedimiento se realizó una revisión de los registros contables de Lux Art 3D, tales como balances, facturas y asientos diferenciados en costos tradicionales y ambientales, tanto en archivos físicos como digitales. Además, se consultó los requisitos de la norma ISO 14001 en el sitio oficial de la ISO y en portales institucionales confiables para garantizar la fiabilidad de la información normativa.

1.7.4. Población y Muestra

La población de estudio está conformada por dueño del emprendimiento de Lux Art 3D y que está involucrado en la gestión contable y ambiental. Al tratarse de una sola persona y con alto conocimiento de la situación del emprendimiento, se aplicó las técnicas de recolección de información a esta persona para el análisis de los datos.

1.7.5. Tratamiento de la Información

Al finalizar las entrevistas, se tomó las grabaciones y se cargó en la página gratuita Turboscribe para transcribirlas, luego se exportó los archivos en Word. Posteriormente, se cargó en el programa de análisis Atlas. Ti. En general, el análisis se realizó a través del método de análisis temático con base en una matriz de categorías, construida de forma deductiva a partir de lo planteado en el marco teórico. Por otra parte, se buscó la concurrencia de códigos para identificar patrones, relaciones y frecuencias. Con respecto a las categorías y subcategorías usadas son las que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1

Categorías y subcategorías en Atlas.Ti

Categoría	Subcategorías
Costos tradicionales	- Materias primas vírgenes - Mano de obra directa - Costos de mantenimiento reactivo - Gastos generales operativos
Costos ambientales	- Recolección y transporte de reciclables - Procesamiento de filamento reciclado

	- Gestión y disposición de residuos - Inversiones en tecnología
Prácticas sostenibles	- Uso de agua lluvia en limpieza - Energías renovables (solar, eólica) - Optimización de procesos de impresión - Diseño de productos eco-eficientes
Percepción de beneficios	- Ahorro económico - Reducción de la huella ambiental - Mejora de la imagen corporativa - Ventaja competitiva
Gestión estratégica	- Planificación integral ambiental - Integración con ISO 14001 - Definición y seguimiento de KPI ambientales - Toma de decisiones basadas en datos
Requerimientos contables	- Registro de costos ambientales - Políticas contables ajustadas a reportes sostenibles - Informes de desempeño ESG - Procedimientos de auditoría
Responsabilidad ambiental	- Cumplimiento normativo - Formación y sensibilización interna - Relación con grupos de interés - Proyectos de responsabilidad social corporativa

Una vez se codificó las entrevistas en Atlas.Ti, se procedió a generar las tablas de codificación a través de un análisis de co-currencias, los diagramas de barras y gráficos de distribución, los diagramas Sankey para visualizar la concurrencia de categorías entre códigos o la relación entre conceptos. Al finalizar, se presentó el informe narrativo de los hallazgos organizados por categorías y subcategorías.

En la parte de la revisión de los registros contables se organizó los datos en dos hojas de Excel, que se llamaron costos tradicionales y costos ambientales, con columnas de fecha, concepto, valor y observaciones. Además, se diseñaron tablas y gráficos de barras y líneas para comparar totales, tendencias y variaciones porcentuales entre ambas estructuras de costos. Asimismo, se calculó la variación porcentual y el costo promedio por categoría para robustecer la comparación. Al finalizar los análisis cuantitativos y cualitativos, se procedió a diseñar un borrador del modelo de gestión estratégica, siendo validado a través de un taller breve con la persona entrevistada, ajustando el modelo según su retroalimentación y garantizando su pertinencia y aplicabilidad práctica.

1.7.6. Categorías y Subcategorías del Estudio

Para organizar el análisis cualitativo en Atlas.Ti y conectar la teoría con los hallazgos, se definen las siguientes categorías y subcategorías, cada una con su sustento conceptual:

1.7.6.1. Costos Tradicionales

Los costos tradicionales se refieren a la estructura de costos clásica, donde solo se consideraron

insumos financieros directos:

- **Materias primas vírgenes:** recursos obtenidos directamente de la naturaleza sin paso previo de reciclaje; su valoración económica suele medir solo el precio de compra, sin reflejar externalidades ambientales (Sánchez, 2019).
- **Mano de obra directa:** tiempo y esfuerzo humano asignado a la producción; en contabilidad tradicional no considera costos de entrenamiento o salud asociados a condiciones laborales.
- **Costos de mantenimiento reactivo:** gastos incurridos al reparar máquinas después de una falla; no incluyen la planificación preventiva ni sus beneficios en prolongar la vida útil del equipo (Rosales, 2022).
- **Gastos generales operativos:** costos indirectos como administración, energía y servicios, asignados a través de prorrateos; suele distorsionar la toma de decisiones al no diferenciar costos ambientales implícitos (Samani, s.f).

Lo anterior estableció la línea base para comparar las estructuras de costos verdes y cuantificar los ahorros adicionales y las eficiencias que Lux Art 3D tenía al sustituir insumos vírgenes por reciclados y al pasar de mantenimiento reactivo a preventivo.

1.7.6.2. Costos Ambientales.

Los costos ambientales incorporan todos los costos relacionados con la gestión y mitigación del impacto ecológico:

- **Recolección y transporte de reciclables:** costo por separar, recoger y trasladar residuos para su valorización; refleja inversiones logísticas para circular materia prima (González, 2020).
- **Procesamiento de filamento reciclado:** incluye la trituración, limpieza y extrusión de plásticos usados para convertirlos en filamento; cubre energía, personal y equipos especializados (Gaibor y Loja, 2024).
- **Gestión y disposición de residuos:** gastos en tratamiento final de desechos no valorizables; puede abarcar desde vertederos autorizados hasta incineración con control de emisiones (Correal *et al.*, 2023).
- **Inversiones en tecnología:** desembolsos en maquinaria verde, sistemas de filtrado o software para seguimiento ambiental; consideradas inversiones de capital con retorno en reducción de pasivos ambientales (Trujillo, 2023).

Esto permitió construir un modelo de costeo verde para Lux Art 3D que incorporará explícitamente estas partidas. De esta manera, en la investigación se pudo determinar el peso relativo de cada uno de estos costos en el presupuesto total y evaluar su viabilidad financiera frente a los beneficios ambientales.

1.7.6.3. Prácticas Sostenibles.

Conjunto de acciones operativas que reducen el consumo de recursos y minimizan impactos:

- **Uso de Agua lluvia en Limpieza:** aprovechamiento de agua de lluvia como insumo, disminuyendo consumo de agua potable y costos asociados (Minambiente, 2022).
- **Energías renovables (solar, eólica):** adopción de paneles solares o pequeñas turbinas para autosuministro, reduciendo la factura energética y huella de carbono (International Energy Agency [IEA], s.f.).
- **Optimización de procesos de impresión:** ajustes de parámetros (temperatura, velocidad, relleno) para disminuir material de soporte y tiempo de impresión; mejora eficiencia de insumos (Morlanes, 2020).
- **Diseño de productos eco-eficientes:** concepción de piezas con geometrías que minimizan uso de material sin sacrificar funcionalidad; emplea técnicas de diseño paramétrico para reducción de peso (Tyflopoulos & Steinert, 2020).

Estas prácticas constituyeron las variables operativas del piloto de Lux Art 3D. El estudio evaluó su efecto sobre los indicadores de ahorro de materia prima, consumo energético y productividad, aportando evidencia empírica para el diseño de un protocolo de impresión 3D sostenible.

1.7.6.4. Percepción de Beneficios.

Cómo los actores valoran los resultados de la transición ambiental:

- **Ahorro económico:** percepción de reducción de costos totales asociados a prácticas verdes, por ejemplo, menos gasto en materia prima y energía (Uribe y Gómez, 2024).
- **Reducción de la huella ambiental:** valoración de menor generación de residuos y emisiones, medido a través de indicadores como CO₂-eq (dióxido de carbono equivalente) y kg de desecho evitado (Caballero, 2023).
- **Mejora de la imagen corporativa:** reconocimiento positivo por parte de clientes y comunidad, asociado a prácticas sostenibles y certificaciones ambientales (Endesa S.A., 2025).
- **Ventaja competitiva:** diferenciación en el mercado al ofrecer productos ecológicos,

permitiendo acceder a nichos premium o licitaciones con criterios verdes (Frohmann *et al.*, 2020).

Se incluyó la dimensión cualitativa del estudio mediante una entrevista al dueño de Lux Art 3D y con base a los anexos 1, 2 y 3, se midió cómo influye la transición ecológica en la aceptación del producto, enlazando con los objetivos de evaluar viabilidad de mercado y beneficios reputacionales.

1.7.6.5. Gestión estratégica

La gestión estratégica es la dimensión directiva que integra lo ambiental en la planificación:

- **Planificación integral ambiental:** establecimiento de objetivos específicos, indicadores y cronogramas para metas verdes, alineados con la estrategia corporativa (ISO, 2015).
- **Integración con ISO 14001:** adopción de los requisitos de la norma para sistematizar la gestión ambiental, desde la identificación de aspectos hasta la mejora continua (ISO, 2015).
- **Definición y seguimiento de indicadores clave de desempeño ambientales (KPI, por sus siglas en inglés Key Performance Indicators):** indicadores como consumo específico de energía, tasa de reciclaje y reducción de huella de carbono, revisados periódicamente (Treviño, 2021).
- **Toma de decisiones basada en datos:** uso de información cuantitativa (costos ambientales, resultados del Análisis del Ciclo de Vida (ACV o LCA, Life Cycle Assessment, métricas de sostenibilidad) para priorizar inversiones y acciones (Gutiérrez *et al.*, 2023).

Esta dimensión ofreció el marco para estructurar un plan de implementación continuo en Lux Art 3D. Los indicadores propuestos en esta categoría sirvieron de guía para el monitoreo y ajuste del modelo de negocio sostenible que se describió en la metodología.

1.7.6.6. Requerimientos Contables.

Los requerimientos contables son adaptaciones en los sistemas contables para reportar desempeño ambiental:

- **Registro de costos ambientales:** cuentas específicas para costos de limpieza, reciclaje e inversiones verdes, separadas de los gastos operativos tradicionales (Laguna *et al.*, 2021).
- **Políticas contables ajustadas a reportes sostenibles:** manuales y procedimientos que establecen criterios de reconocimiento y medición de partidas verdes según estándares internacionales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [Minambiente], 2021).

- **Informes de desempeño:** elaboración de reportes que combinan métricas medioambientales, sociales y de gobernanza, transparentes para la empresa (Climate Impact Partners, 2024).
- **Procedimientos de auditoría:** auditorías internas y externas que revisan la veracidad de datos ambientales y la conformidad con normas ISO, GRI u otros marcos de reporte (KPMG en Venezuela, 2023).

Se definió cómo debe registrarse y reportarse la información de costos e inversiones ecológicas en Lux Art 3D. Esto permitió diseñar plantillas contables y procedimientos de auditoría interna que garanticen la transparencia y la trazabilidad de los resultados ambientales.

1.7.6.7. Responsabilidad Ambiental

La responsabilidad ambiental son los compromisos éticos y legales de la organización:

- **Cumplimiento normativo:** adhesión a leyes ambientales locales, por ejemplo, manejo de residuos peligrosos, emisiones atmosféricas, y normas voluntarias como la ISO 14001 (Naranjo y Valencia, 2022).
- **Formación y sensibilización interna:** programas de capacitación para empleados sobre prácticas verdes, fomentando cultura ambiental (Sánchez, 2025).
- **Relación con grupos de interés:** diálogo con comunidades, entidades gubernamentales y ONG para alinear estrategias y obtener licencias sociales para operar (Cajiga, s.f.).
- **Proyectos de responsabilidad social corporativa:** iniciativas de reforestación, educación ambiental o alianzas con recicladores informales que demuestran el compromiso social y mejoran el entorno local (Bernal *et al.*, 2020).

Esta sirvió como criterio de evaluación de la cultura organizacional de Lux Art 3D. La investigación propone un plan de sensibilización y vinculación con stakeholders que refuerza el cumplimiento legal y fortalezca la licencia social para sus actividades de impresión con materiales reciclados.

CAPÍTULO II. Análisis e Interpretación de Resultados

En este capítulo se presenta el análisis cualitativo de la entrevista realizada al dueño del emprendimiento Lux Art 3D, con el fin de comprender cómo se articulan los principios de la contabilidad ambiental con la práctica empresarial en un contexto de economía circular y sostenibilidad. A partir del proceso de codificación en Atlas.Ti, se obtuvo tres visualizaciones generales: una tabla de frecuencias por categoría temática, una nube de palabras y un mapa jerárquico de términos, los cuales permitieron explorar los ejes discursivos más relevantes del entrevistado y su relación con los objetivos del estudio.

Como se podrá ver, dichas visualizaciones permiten identificar patrones conceptuales, relaciones semánticas y énfasis discursivos asociados a los costos, la percepción de beneficios y las prácticas sostenibles implementadas por la empresa. De este modo, se proporciona una visión preliminar del discurso antes de proceder al análisis estructurado por objetivos específicos.

2.1. Análisis de las Diferencias entre la Estructura de Costos Tradicional y la Ambiental

2.1.1. Resultados Generales del Análisis Temático

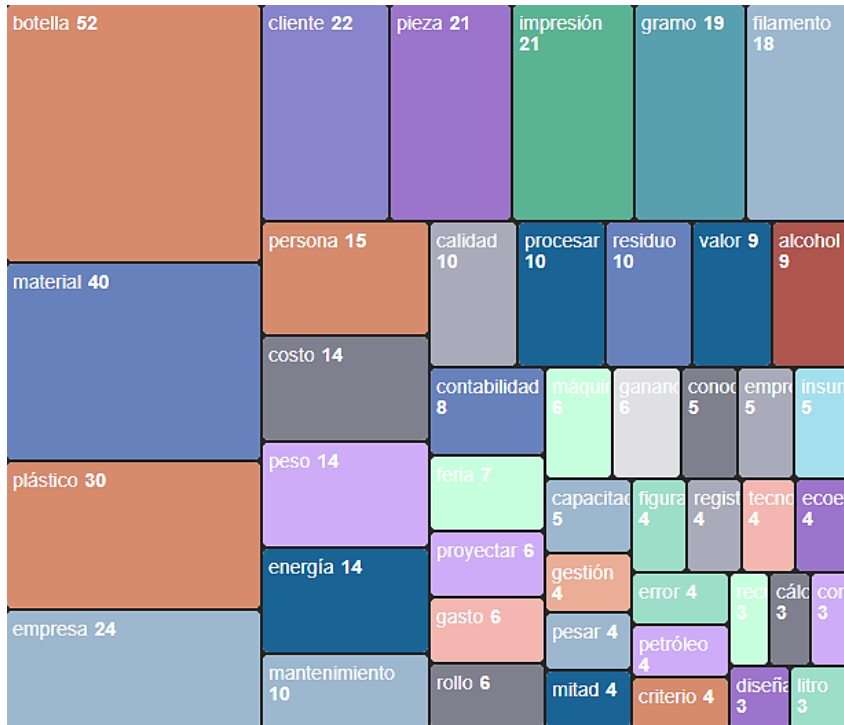
En esta sección se analizan los hallazgos de la entrevista al propietario de Lux Art 3D, enfocada en cómo integra la contabilidad ambiental en su práctica empresarial de impresión 3D sostenible mediante codificación temática con Atlas.Ti, se obtuvieron tres visualizaciones globales que brindan un panorama inicial de su discurso: (i) una tabla de frecuencias por categorías, (ii) una nube de palabras clave y (iii) un diagrama jerárquico de términos. En la Figura 1 se presenta la frecuencia de codificación por categoría temática, evidenciando qué temas dominan la narrativa del entrevistado. Las categorías más referenciadas fueron costos tradicionales, costos ambientales, prácticas sostenibles y beneficios percibidos, reflejando que el diálogo giró en torno a la comparación de estructuras de costos y las ventajas de la sostenibilidad en la empresa.

Figura 1

mano de obra, anticipando diferencias entre costos tradicionales y ambientales.

Figura 3

Mapa de árbol de palabras clave de Atlas.Ti



Como se puede apreciar en las figuras 1,2 y 3 se pueden identificar patrones conceptuales y énfasis discursivos en línea con los objetivos específicos. Se observa un equilibrio temático: el entrevistado dedicó atención tanto a describir su estructura de costos bajo enfoques tradicional vs. ambiental, como a reflexionar sobre las prácticas sostenibles implementadas y los beneficios ecológicos y empresariales obtenidos. Este panorama confirma que Lux Art 3D está inmerso en un proceso de transición de lo tradicional a lo ambiental, prestando importancia a la contabilidad de costos y al impacto sostenible de sus operaciones.

En general, antes de profundizar en cada objetivo, estos resultados sugieren que la incorporación de la sostenibilidad en la empresa ha sido notoria en su discurso: los costos y la sostenibilidad emergen como ejes articuladores. Esto coincide con la literatura, que resalta la necesidad de integrar métricas ambientales en la gestión para visibilizar la información ecológica en la toma de decisiones. De lo contrario, las PYMES pueden continuar con externalidades ocultas y desaprovechar oportunidades de mejora.

2.1.2. Estructura de Costos Tradicional en Lux Art 3D

En este apartado se analizan las diferencias entre la estructura de costos tradicional y la estructura de costos ambiental de Lux Art 3D. Inicialmente, la empresa operaba con una estructura de costos clásica, propia de un enfoque contable convencional, donde sólo se contemplaban costos directos tradicionales, como materias primas vírgenes y mano de obra directa. En la Figura 4 se observa la frecuencia de menciones del entrevistado relativas a la categoría costos tradicionales y sus subcategorías. El entrevistado destacó principalmente el costo de la materia prima virgen (filamento comercial de PLA o plástico convencional) y la mano de obra asociada a la impresión 3D.

Figura 4

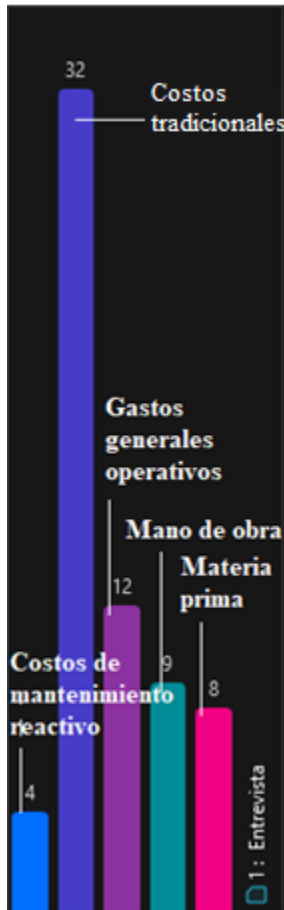
Frecuencia de codificación de la categoría costos tradicionales y sus subcategorías

	1: Entrevista 87	Totales
Costos de mantenimiento reactivo	4	4
Costos tradicionales	32	32
Gastos generales operativos	12	12
Mano de obra	9	9
Materias primas	8	8
Totales	65	65

El histograma de la Figura 5 confirma que, dentro de costos tradicionales, la materia prima representaba el componente más significativo en frecuencia, seguido por la mano de obra y, en menor medida, algunos costos indirectos de fabricación (electricidad y mantenimiento básico) que tradicionalmente no se contabilizaban por separado. Este énfasis en los insumos directos concuerda con la noción clásica de contabilidad de costos, donde los costos ambientales no son visibles ni contabilizados por aparte.

Figura 5

Histograma de frecuencias para la categoría de costos tradicionales y sus subcategorías



En el Estado de Situación Financiera de apertura que se encuentra en la Tabla 2 se evidencia que, al 28 de febrero de 2025, Lux Art 3D poseía inventarios de materia prima por \$307.013 COP, compuestos únicamente por filamento convencional (valorado en \$175.000) y filamento reciclado (\$132.013) adquiridos para sus operaciones iniciales. Bajo el esquema tradicional, el insumo clave es el filamento convencional comprado a proveedores. De hecho, la Tabla 3 detalla la compra del filamento convencional (factura 1): se adquirieron 3 unidades de carretes de filamento comercial a \$55.000 cada uno, para un total de \$165.000, más \$10.000 de flete, sumando \$175.000 como costo de materia prima convencional. Este valor coincide con el inventario inicial de filamento convencional en la Tabla 2, indicando que la empresa dependía de insumos plásticos vírgenes para producir sus figuras 3D. Este costo de materia prima tradicional era un componente significativo en la estructura de costos original, alineado con lo descrito por el entrevistado.

Tabla 2*Estado de situación financiera de apertura de Lux Art- 3d a 28 de febrero de 2025*

Detalles		Cifras Expresadas en pesos colombianos	
Activos			
11	Disponible	\$	200.000,00
1105	Caja	\$	200.000,00
14	Inventarios	\$	307.013,00
1405	Materia Prima Directa	\$	307.013,00
	Filamento Convencional	\$	175.000,00
	Filamento Reciclado	\$	132.013,00
(+)	Activos Corrientes	\$	507.013,00
15	Propiedad, Planta y Equipo	\$	4.190.000,00
1524	Impresora 3d	\$	2.000.000,00
1524	computador	\$	1.800.000,00
1524	escritorio	\$	280.000,00
1524	Silla de oficina	\$	110.000,00
(+)	Activos no Corrientes	\$	4.190.000,00
(=)	Total Activos	\$	4.697.013,00
Pasivos			
21	Obligaciones Financieras	\$	750.000,00
2120	Compañía de Financiamiento Comercial (ADDI)	\$	750.000,00
22	Proveedores	\$	60.000,00
2205	Nacionales	\$	60.000,00
(=)	Total Pasivos	\$	810.000,00
Patrimonio			
31	Capital Social	\$	3.887.013,00
3130	Capital de personas naturales	\$	3.887.013,00
(=)	Total Pasivo + Patrimonio	\$	4.697.013,00

*Ivan Villareal**Karen Lorena Santofimio Q.*Ivan Alexander Villarea
Representante LegalKaren Lorena Santofimio
Contadora Publica**Tabla 3***Compra factura 1 filamento convencional*

Producto	Unidades	Valor	Valor	Peso	Peso	%	Asignación	Valor
----------	----------	-------	-------	------	------	---	------------	-------

		Unitario	Total	(kg)	Total (kg)	Participación	Flete	Total M.P.
Filamento Convencional	3	\$55.000	\$165.000	1	3	100%	\$10.000	\$175.000
Total			\$165.000		3	100%	\$10.000	\$175.000

Otro elemento de la estructura tradicional son los costos de mano de obra directa de Lux Art 3D, debido a que esta se concentra en su propietario, y posiblemente algún colaborador eventual. La Tabla 4 presenta la nómina de junio de 2025, donde se registra un salario para el propietario de \$1.423.500 COP mensuales (equivalente al salario mínimo legal vigente) más prestaciones. Esto sugiere que la empresa mantiene bajos costos laborales, aunque intensivos en participación del propietario. En el modelo tradicional, esta mano de obra se consideraba parte del Costo de Producción directamente, no había diferenciación de tareas ambientales, pues toda la labor se enfocaba en producción estándar.

La Tabla 5 muestra la distribución de Mano de Obra Directa (MOD) asignada a una orden de producción tradicional (Orden #01): se emplearon 72 horas de trabajo para producir 18 figuras (4 horas por figura), con un costo total de MOD de \$704.661 COP, que incluye salario y prestaciones sociales proporcionadas en proporción, para esa orden. Este costo laboral representa una porción importante del costo total de producir con filamento convencional.

Tabla 4

Nómina de Lux Art-3D

Periodo de Pago: 1 al 30 de Junio del 2025								Salario Mínimo	\$ 1.423.500	Auxilio Transporte	\$ 200.000		
Nombre Empleado	Cedula	Sueldo	Días Lab.	Incap. Med.	Devengado	Aux.Tra.	Total Dev.	Salud	Pensión	Seguros de Vida y Libranza	Total Ded.	Neto Pagado	Recibi Conforme Firma C.C.
Iván Alexander Villareal		\$ 1.423.500	30		1.423.500	200.000	1.623.500	56.940	56.940		113.880	1.509.620	
		\$ 1.423.500			\$ 1.423.500	\$ 200.000	\$ 1.623.500	\$ 56.940	\$ 56.940	\$ -	\$ -	\$ 1.509.620	
Elaborador Por:		Revisado Por:			Aprobado Por:			Archivada Por:					
Karen Lorena Santofimio		Karen Lorena Santofimio			Iván Alexander Villareal			Karen Lorena Santofimio					
Contadora		Contadora			Gerente General			Auxiliar Contable					
Aportes Parafiscales	%	A. Patronal	Otras Aproxim.	%	Aporte	Observaciones							
Salud	8,50	\$ 137.998	Comfamiliar	4	\$ 56.940	Licencias e Incapacidades							

Fondo de Pensiones	12	\$ 170.820	Riesgos Laborales	0,52	7.431	
Cesantias	8,3 3	\$ 135.238	SENA	3	42.705	
Int. Sobre Cesantias	1	\$ 16.235	ICBF	2	28.470	Retiros
Vacaciones	4,1 7	\$ 67.700				
Prima de Servicios	8,3 3	\$ 135.238				Ingresos de Personal
Subtotal		\$ 663.228	Subtotal		\$ 135.546	
Total Apropriaciones \$ 798.775						Permiso sin Remuneración

Tabla 5

Distribución MOD

Orden	Horas	Distribución MOD		Total
		Salario	P.Sociales	
Orden #01: 4 Horas x Figura HMOD	72	\$ 472.291	\$ 232.370	\$ 704.661
Orden #02: 7 Horas x Figura HMOD	126	\$ 826.509	\$ 406.648	\$1.233.157
Total	198	\$1.298.800	\$ 639.018	\$1.937.818
XHMOD		\$ 6.559,60	\$ 3.227,37	

Respecto a los costos indirectos de fabricación (CIF) en la estructura tradicional, la empresa incurre en gastos como depreciación de equipos, mantenimiento de la impresora 3D y consumo eléctrico, siendo esto, bajo la contabilidad tradicional, estos costos se suelen distribuir sobre las órdenes de producción.

En la Tabla 6 se presenta la distribución de CIF entre dos órdenes: para la Orden 1 (tradicional) se asignaron \$136.939 COP de costos indirectos (prorratados en depreciación, mantenimiento y electricidad) sobre la base de las horas de uso. Estos CIF incluyen, por ejemplo, la depreciación mensual de la impresora 3D y otros activos, tal como se muestra en Tabla 7, y el costo de la electricidad consumida en el proceso (estimado en \$90.909 para la Orden 1, según la Tabla 6). En el esquema tradicional, si bien estos costos existían, no se diferenciaban costos ambientales o relacionados con sostenibilidad; sólo se consideraba el costo productivo estándar.

Tabla 6

Distribución CIF

Distribución CIF		Unit	OT 1	OT 2
Depreciación	66.583	\$336	\$24.212	\$42.371
Mantenimiento	60.000	\$303	\$21.818	\$38.182
Servicio de electricidad	250.000	\$1.263	\$90.909	\$159.091
Total			\$136.939	\$239.644

Tabla 7

Depreciación de activos

Activo	Valor del Activo a Depreciar	Tiempo (Meses)	Valor de la Depreciación Mensual
Computador	\$1.800.000	60	\$30.000
Impresora 3D	\$2.000.000	60	\$33.333
Escritorio	\$280.000	120	\$2.333
Silla de Oficina	\$110.000	120	\$917

Integrando todos estos componentes, se puede reconstruir el Estado de costos de producción y ventas tradicional, tal como lo muestra la Tabla 8, que expone el costo de ventas de la Orden de Producción 1 (28 feb – 28 mar 2025) con enfoque tradicional: partiendo de un inventario inicial de materia prima de \$175.000 (3 spool de filamento convencional), más compras de \$175.000 (otra tanda de 3 spool, según Tabla 3), se tuvo materia prima disponible de \$350.000; tras un inventario final de \$291.667, la materia prima utilizada en producción fue \$58.333. Este valor corresponde al consumo de 1 spool de filamento convencional, de hecho, la Tabla 9 del Kardex de filamento convencional, muestra la salida de 1 unidad a \$58.333 para la Orden 1, quedando 5 spool en inventario. A ese costo de material se sumó la mano de obra directa por \$704.661 y los CIF por \$151.688, para alcanzar un Costo de Producción de \$914.683. Dicho costo de producción coincide con la hoja de costos real de la orden 1 de Tabla 10, donde se desglosa: Materia prima \$58.333, MOD \$704.661, CIF \$151.688, totalizando \$914.683. Dividido por las 18 unidades producidas, el costo unitario tradicional fue aproximadamente \$50.816 por figura de 15 cm.

Tabla 8

Estado de costos de ventas orden de producción 1 del 28 de febrero al 28 de marzo de 2025

Detalles de los costos tradicionales de Lux Art 3D	Cifras Expresadas en Pesos Colombianos	
Inventario Inicial de Materia Prima Directa e Indirecta	\$	175.000
(+) Compras de Materia Prima Directa e Indirecta	\$	175.000
(=) Materia Prima Directa e Indirecta Disponible	\$	350.000
(-) Inventario Final de Materia Prima Directa e Indirecta	\$	291.667

(=) Materia Prima Directa e Indirecta Utilizada	\$	58.333
(-) Materia Prima Indirecta usada (Suministros Utilizados)	\$	-
(=) Materia Prima Directa Utilizada	\$	58.333
(+) Mano de obra directa	\$	704.661
(+) Costos Indirectos de Fabricación CIF	\$	151.688
(+) Servicios Directos	\$	-
(=) Costo de Producción	\$	914.683
(+) Inventario Inicial de Producción en Proceso	\$	-
(=) Producción en Proceso disponible	\$	914.683
(-) Inventario Final de Producción en Proceso	\$	-
(=) Producción Terminada	\$	914.683
(+) Inventario Inicial Producción Terminada	\$	-
(=) Producción Terminada Disponible para la Venta	\$	914.683
(-) Inventario Final de Producción Terminada	\$	-
(=) Costo de Ventas	\$	914.683

<i>Ivan Villareal</i>	<i>Karen Lorena Santofimio Q.</i>
Iván Alexander Villareal	Karen Lorena Santofimio
Representante Legal	Contadora Publica

Tabla 9

Kardex filamento convencional

Ítem	Detalle	Entrada		Salida		Saldo		Costo Unitario
		Unid	Costo	Unid	Costo	Unid	Costo	
Artículo	Filamento convencional							
Método	PEPS							
Saldo inicial	Filamento Convencional	3	\$175.000			3	\$175.000	\$58.333
Compra Factura 1	Filamento Convencional	3	\$175.000			6	\$350.000	\$58.333
Despacho a producción Orden 1	Filamento Convencional			1	\$58.333	5	\$291.667	\$58.333

Tabla 10

Hoja de costos orden real 1

Orden de Producción N°:	1	Número de Unidades Figuras 15cm:	18 figuras con un peso de 55,55 g cada una
-------------------------	---	----------------------------------	--------------------------------------------

Costo de Producción		Costo de Producción		Costo de Producción		Costo de Producción	
Materia Prima Directa		Mano de Obra Directa		Servicios Directos		CIF	
Detalle	Monto	Detalle	Monto	Detalle	Monto	Detalle	Monto
Filamento Convencional	\$ 58.333	HMOD	704.661			Vinilos	\$ 6.374
						Pintura acrílica metalizada colores varios	\$ 8.374
						Depreciación	\$ 24.212
						Mantenimiento	\$ 21.818
						Servicio de electricidad	\$ 90.909
Total	\$ 58.333	Total	\$ 704.661	Total	\$ -	Total	\$ 151.688
Costos de Producción		Totales		Costo Unitario			
Materia Prima Directa		\$ 58.333					
Mano de Obra Directa		\$ 704.661					
Servicios Directos		\$ -					
CIF		\$ 151.688					
Costo Total		\$ 914.683				\$ 50.816	

En general, la estructura de costos tradicional de Lux Art 3D se caracterizó por altos costos de materia prima virgen en proporción al volumen de producción, una mano de obra intensiva del propio emprendedor, y costos indirectos moderados asociados al funcionamiento básico de la impresión 3D. No se contemplaban gastos ambientales específicos ni inversiones ecológicas; la contabilidad se limitaba a los costos productivos clásicos. Esto es consistente con Velandia y Aparicio (2022), quienes dicen que muchas PYMES consideran las inversiones ambientales como un costo extra y no las integran a sus estructuras de costos. Además, destacan que la gerencia tradicional suele ser escéptica respecto a los gastos ambientales, pese a que incorporarlos puede traer ahorros y eficiencia a largo plazo. En el caso de Lux Art 3D, su esquema original refleja esa visión, la cual priorizaba la productividad inmediata sin contabilizar beneficios o costos ambientales.

2.1.3. Estructura de Costos Ambiental en Lux Art 3D

Lux Art 3D inició un viraje hacia una estructura de costos ambiental, alineada con prácticas de contabilidad de gestión ambiental, siendo este cambio la introducción materia prima reciclada, nuevos procesos y costos asociados a la sostenibilidad. La Figura 6 muestra la frecuencia de menciones del entrevistado sobre costos ambientales y subcategorías. Esto se advierte que el

propietario hizo énfasis en costos de materiales reciclados, en los esfuerzos adicionales de procesamiento (limpieza y triturado de botellas, y extrusión de filamento reciclado) y en capacidades ociosas relacionadas con la implementación ambiental.

Figura 6

Frecuencia de codificación de la categoría costos ambientales y sus subcategorías

	1: Entrevista 87	Totales	
● ◇ Costos ambientales 3	3	3	
◇ Gestión y disposición de residuos 1	1	1	
◇ Procesamiento de filamento reciclado 1	1	1	
● ◇ Recolección y transporte de reciclables 1	1	1	
Totales	6	6	

La Figura 7 (histograma) indica que, dentro de costos ambientales, la mano de obra adicional y los costos indirectos específicos, por ejemplo, consumo eléctrico extra del proceso de reciclaje, mantenimiento de equipo de extrusión, aumentaron su peso relativo en comparación con la estructura tradicional. Esto sugiere que la transición a lo ambiental redistribuyó la carga de costos, disminuyendo la proporción de materias primas compradas, pero incrementando otros rubros internos.

Figura 7

Histograma de frecuencias para la categoría de costos ambientales y sus subcategorías



En la estructura ambiental, la materia prima principal pasa a ser el plástico reciclado obtenido de botellas PET en vez del filamento comercial. La Tabla 11 detalla la compra de insumos para filamento reciclado (factura 2): se adquirieron 150 botellas plásticas de PET a un costo total de \$75.000 (\$500 c/u), que equivalen aproximadamente a 1 kg de material PET, más 1 litro de alcohol isopropílico por \$26.560, usado para limpiar y preparar el material. El costo de transporte (flete) asignado fue \$9.868 para las botellas y \$66 para el alcohol, totalizando \$84.868 en botellas y \$26.626 en alcohol. De esta manera, la materia prima reciclada inicial tuvo un costo de alrededor de \$111.494. Sin embargo, en la contabilidad de Lux Art 3D el filamento reciclado aparece valorado en \$132.013 (ver Tabla 2), lo que sugiere que se capitalizaron algunos costos adicionales

en el inventario (posiblemente mano de obra de reciclaje o pérdidas por merma). En efecto, parte del proceso de convertir botellas en filamento conlleva una merma técnica del ~5%.

Tabla 11

Compra factura 2 para filamento reciclado

Producto	Unidades	Valor Unitario	Valor Total	Peso (kg)	Peso Total (kg)	% Participación	Asignación Flete	Valor Total M.P.
Botellas Plásticas Material PEPS	150	\$500	\$75.000	1	1	98,7%	\$9.868	\$84.868
Alcohol x Litro	1	\$26.560	\$26.560	1	1	0,7%	\$66	\$26.626
Algodón x Kilo	1	\$20.453	\$20.453	1	1	0,7%	\$66	\$20.519
Total			\$103.603		3	100%	\$10.000	\$132.013

La Tabla 12 presenta el registro de la tercera compra de insumos utilizados en el trabajo artesanal de *Lux Art 3D*, donde se incluyen materiales como pinceles, vinilos, pinturas acrílicas, laca y pintura en aerosol, cada uno con su cantidad, costo unitario y asignación proporcional de flete. Este registro, elaborado bajo el método de valuación PEPS, permite observar cómo se van acumulando los costos de producción en la estructura tradicional de la empresa, reflejando un enfoque puramente financiero orientado a mantener el control de inventarios y costos directos. Tal como plantean los enfoques de contabilidad convencional aplicados a la manufactura artesanal, el seguimiento detallado de entradas y salidas asegura el cálculo preciso del costo unitario y la planeación de la rentabilidad.

No obstante, desde la perspectiva de la contabilidad ambiental, esta misma información resulta limitada si no se incorporan variables relacionadas con el impacto ecológico de los materiales adquiridos, tales como su grado de reciclabilidad o la generación de residuos. Autores como los incluidos en el marco teórico señalan que una gestión de costos con enfoque sostenible debe integrar indicadores ambientales para ofrecer una visión más integral del desempeño empresarial, lo que refuerza la necesidad de avanzar hacia modelos de gestión estratégica que incluyan estos factores sin perder el control financiero tradicional.

Tabla 12*Compra factura 3 de trabajo artesanal*

Producto	Unidades	Valor Unitario	Valor Total	Peso (g)	Peso Total (g)	% Participación	Asignación Flete	Valor Total M.P.
Pinceles	18	\$7.222	\$130.000	0,234	4	0,2%	\$31	\$130.031
Vinilos	6	\$6.000	\$36.000	120	720	35,2%	\$5.283	\$41.283
Pintura Acrílica Metalizada	4	\$12.000	\$48.000	180	720	35,2%	\$5.283	\$53.283
Laca	1	\$12.000	\$12.000	300	300	14,7%	\$2.201	\$14.201
Pintura en Aerosol	1	\$12.000	\$12.000	300	300	14,7%	\$2.201	\$14.201
Total			\$238.000		2.044,212	100%	14.999	\$252.999

En la Tabla 13 se resume la capacidad real vs. máxima e incluye esta merma del 5%: para cada orden con filamento reciclado, se consideró que un 5% del material recolectado no se convierte en filamento utilizable. Esta disminución ($\approx 7,5$ kg por cada 150 kg teóricos por orden, aunque en nuestro caso 150 botellas $\sim 1,5$ kg) implica un costo adicional de material no aprovechado, que la empresa decidió contabilizar como parte del costo del filamento reciclado para reflejar la realidad del proceso. Así, como se ve en la Tabla 14, el costo unitario del filamento reciclado se elevó a \$44.004, un 75% más alto que el \$25.000 por kg que costaría el filamento virgen, calculado del filamento convencional a \$58.333 por 3 kg. Esto es un ejemplo de internalización de costos ambientales: Lux Art 3D asume en su contabilidad el costo de pérdida de material por razones técnicas ambientales (dificultades en reutilizar ciertas partes de las botellas), visibilizando así un componente que en la contabilidad tradicional pasaría inadvertido.

Tabla 13*Capacidad real vs capacidad máxima*

Orden	Real	Máxima	Factor Utilización	CIF Real	Desperdicio del 5%
1	18	36	200%	\$ 151.688	\$ 7.584
2	18	36	200%	\$ 254.392	\$ 12.720

Tabla 14*Kardex filamento reciclado*

Ítem	Detalle	Entrada		Salida		Saldo		Costo Unitario
		Unid	Costo	Unid	Costo	Unid	Costo	
Artículo	Filamento reciclado							
Método	PEPS							
Saldo inicial	Filamento Reciclado	3	\$132.013			3	\$132.013	\$44.004
Compra Factura 2	Filamento Reciclado	3	\$132.013			6	\$264.026	\$44.004
Despacho a producción Orden 2	Filamento Reciclado			1	\$44.004	5	\$220.022	\$44.004

En cuanto a la mano de obra, la estructura ambiental resulta más intensiva. Producir filamento reciclado requiere pasos adicionales (recolección de botellas, limpieza, triturado y extrusión) que demandan tiempo. La Figura 8 de prácticas sostenibles sugiere que el entrevistado recalcó la dedicación extra de horas a actividades de reciclaje.

Figura 8*Frecuencia de codificación de la categoría practicas sostenibles y sus subcategorías*

	1: Entrevista	Totales
	87	
◆ Diseño de productos eco-eficientes	4	4
◆ Energías renovables (solar o eólica)	2	2
◆ Optimización de procesos de impresión	6	6
◆ Prácticas sostenibles	13	13
◆ Uso de agua lluvia en limpieza	1	1
Totales	26	26

En la Tabla 15, la Orden #02 (con enfoque ambiental) muestra 126 horas de trabajo para 18 figuras (7 horas por figura), bastante más que las 72 horas de la orden convencional. Esto se tradujo en un costo de MOD de \$1.233.157 para la orden ambiental, casi el doble que la orden tradicional. La Tabla 16 proyecta incluso un escenario a capacidad máxima donde cada figura compleja tomaría 10 horas, subrayando que el proceso con material reciclado es más laborioso. En otras palabras, Lux Art 3D tuvo que invertir más trabajo humano para sustituir insumos vírgenes por reciclados,

lo que indican que los costos de conversión pueden aumentar al implementar prácticas verdes. Sin embargo, este esfuerzo puede verse compensado por beneficios en otras áreas, como se verá más adelante.

Tabla 15

Distribución MOD

Orden	Horas	Distribución MOD		Total
		Salario	P.Sociales	
Orden #01: 4 Horas x Figura HMOD	72	\$ 472.291	\$ 232.370	\$ 704.661
Orden #02: 7 Horas x Figura HMOD	126	\$ 826.509	\$ 406.648	\$ 1.233.157
Total	198	\$1.298.800	\$ 639.018	\$1.937.818
XHMOD		\$ 6.559,60	\$ 3.227,37	

Tabla 16

Distribución MOD-Capacidad máxima

Orden	Horas	Salario	P. Sociales	Total
Orden #01: 8 horas x figura HMOD	288	\$577.244	\$284.008	\$861.253
Orden #02: 10 horas x figura HMOD	360	\$721.556	\$355.010	\$1.076.566
Total		\$1.298.800	\$639.018	\$1.937.819
XHMOD		\$2.004,32	\$986,14	

Del lado de los costos indirectos de fabricación (CIF), también se observa un aumento bajo la estructura ambiental. La Tabla 17 muestra que para la Orden 2 ambiental se asignaron \$239.644 de CIF frente a 136.939 en la tradicional. En particular, el consumo eléctrico de la extrusora y otros equipos adicionales elevó la partida de energía a \$159.091 versus \$90.909 antes. Igualmente, la depreciación y mantenimiento asignados a la orden ambiental fueron mayores, como la extrusora de filamento, siendo un equipo adicional no usado en la orden tradicional, aporta depreciación extra, y el uso intensivo de maquinaria para reciclar implica más mantenimiento, tal como se refleja en la Tabla 18 y 19 reflejan que Depreciación + Mantenimiento suman \$80.553 en OT2 vs \$48.030 en OT1.

En la Tabla 18 se resume que la Materia Prima Utilizada fue \$44.004 (más baja que en la orden tradicional, \$58.333), pero MOD fue \$1.233.157 (mucho mayor) y CIF \$254.392 (mayor también). El resultado: Costo de Producción = \$1.531.554, aproximadamente un 67% por encima del costo de la orden con filamento convencional. En la Tabla 20 confirma estos números: Materia prima

\$44.004, MOD \$1.233.157, CIF \$254.392, total \$1.531.554, con un costo unitario ambiental alrededor de \$85.086 por figura. Es decir, cada figura de 15 cm usando filamento reciclado costó en producción aproximadamente 1.7 veces lo que costaba con filamento convencional.

Tabla 17

Distribución CIF

Distribución CIF		Unit	OT 1	OT 2
Depreciación	66.583	\$336	\$24.212	\$42.371
Mantenimiento	60.000	\$303	\$21.818	\$38.182
Servicio de electricidad	250.000	\$1.263	\$90.909	\$159.091
Total			\$136.939	\$239.644

Tabla 18

Capacidad máxima para figura con mayor complejidad de modelo tamaño 15 cm

Distribución CIF		Unit	OT 1	OT 2
Depreciación	66.583	\$103	\$29.593	\$36.991
Mantenimiento	60.000	\$93	\$26.667	\$33.333
Servicio de electricidad	250.000	\$386	\$111.111	\$138.889
Total			\$167.370	\$209213

Tabla 19

Estado de costos de ventas orden de producción 2 del 28 de febrero al 28 de marzo de 2025

Detalles de los costos ambientales de Lux Art 3D	Cifras Expresadas en Pesos Colombianos
Inventario Inicial de Materia Prima Directa e Indirecta	\$ 132.013
(+) Compras de Materia Prima Directa e Indirecta	\$ 132.013
(=) Materia Prima Directa e Indirecta Disponible	\$ 264.026
(-) Inventario Final de Materia Prima Directa e Indirecta	\$ 220.022
(=) Materia Prima Directa e Indirecta Utilizada	\$ 44.004
(-) Materia Prima Indirecta usada (Suministros Utilizados)	\$ -
(=) Materia Prima Directa Utilizada	\$ 44.004
(+) Mano de obra directa	\$ 1.233.157
(+) Costos Indirectos de Fabricación CIF	\$ 254.392
(+) Servicios Directos	\$ -
(=) Costo de Producción	\$ 1.531.554
(+) Inventario Inicial de Producción en Proceso	\$ -
(=) Producción en Proceso disponible	\$ 1.531.554
(-) Inventario Final de Producción en Proceso	\$ -

(=) Producción Terminada	\$	1.531.554
(+) Inventario Inicial Producción Terminada	\$	-
(=) Producción Terminada Disponible para la Venta	\$	1.531.554
(-) Inventario Final de Producción Terminada	\$	-
(=) Costo de Ventas	\$	1.531.554

Ivan Villareal

Karen Lorena Santofimio Q.

Ivan Alexander Villareal
Representante Legal

Karen Lorena Santofimio
Contadora Publica

Tabla 20

Hoja de costos orden real 2

Orden de Producción N°:	2		Número de Unidades Figuras 15cm:	18 figuras con un peso de 55,55 gr cada una			
Costo de Producción	Costo de Producción		Costo de Producción		Costo de Producción		
Materia Prima Directa	Mano de Obra Directa		Servicios Directos		CIF		
Detalle	Monto	Detalle	Monto	Detalle	Monto	Detalle	Monto
Filamento Reciclado	\$ 44.004	HMOD	1.233.157			Vinilos	\$ 6.374
						Pintura acrílica metalizada colores varios	\$ 8.374
						Depreciación	\$ 42.371
						Mantenimiento	\$ 38.182
						Servicio de electricidad	\$ 159.091
Total	\$ 44.004	Total	\$ 1.233.157	Total	\$ -	Total	\$ 254.392
Costos de Producción	Totales		Costo Unitario				
Materia Prima Directa	\$ 44.004						
Mano de Obra Directa	\$ 1.233.157						
Servicios Directos	\$ -						
CIF	\$ 254.392						
Costo Total	\$ 1.531.554		\$ 85.086				

Este incremento en el costo unitario podría interpretarse inicialmente como una desventaja financiera de la opción ambiental. Sin embargo, es imprescindible matizar estos datos con dos consideraciones, las cuales son las economías de escala y la subutilización de capacidad. La Tabla

13 indica que en ambos escenarios la producción real (18 figuras) es apenas el 50% de la capacidad máxima (36 figuras), aunque la tabla presenta un Factor Utilización 200% por la forma en que se definió la métrica, en realidad 18/36 es 50% de la capacidad. Esto significa que la empresa está operando muy por debajo de su potencial. Si Lux Art 3D aumentara la producción, especialmente en el escenario ambiental, repartiría los costos fijos (depreciación, entre otras) entre más unidades, bajando el costo unitario significativamente. De hecho, las Tablas 21 y 22 proyectan hojas de costo a capacidad máxima (36 figuras) para filamento convencional y reciclado respectivamente.

En capacidad máxima, el costo unitario tradicional descendería a \$32.633, y el ambiental a \$38.980. La brecha unitaria se reduciría a apenas ~19% más caro el ambiental, demostrando que gran parte del alto costo unitario observado se debe al bajo volumen y no intrínsecamente a la sostenibilidad. Esto es coherente con la idea de que las inversiones ambientales pueden implicar mayores costos iniciales, pero con escalamiento y aprendizaje tienden a volverse más eficientes.

Tabla 21

Hoja de costos capacidad máxima 1

Orden de Producción N°:		1		Número de Unidades Figuras 15cm:		36 figuras con un peso de 55,55 gr cada una	
Costo de Producción		Costo de Producción		Costo de Producción		Costo de Producción	
Materia Prima Directa		Mano de Obra Directa		Servicios Directos		CIF	
Detalle	Monto	Detalle	Monto	Detalle	Monto	Detalle	Monto
Filamento convencional	\$ 116.667	HMO D	861.253			Vinilos	\$ 12.748
						Pintura acrílica metalizada colores varios	\$ 16.748
						Depreciación	\$ 29.593
						Mantenimiento	\$ 26.667
						Servicio de electricidad	\$ 111.111
Total	\$ 116.667	Total	\$ 861.253	Total	\$ -	Total	\$ 196.867
Costos de Producción		Totales		Costo Unitario			
Materia Prima Directa		\$					
		116.667					
Mano de Obra Directa		\$					
		861.253					
Servicios Directos		\$					
		-					

reconoce estos cambios: indica que producir su propio filamento reciclado demanda más trabajo, pero ahorramos en compra de material y reducimos basura. Esta observación refleja un balance: ahorro en materia prima vs. aumento en costos internos. Parte de los costos que antes eran externos, por ejemplo, el impacto de desechar botellas, ahora se internalizan en la empresa como horas de trabajo y uso de energía para reciclarlas.

Beltrán (2021) señala que esta internalización permite cuantificar impactos y optimizar recursos, siendo esencial para el desarrollo sostenible. Asimismo, Naranjo y Correa (2020) encontraron que la adopción de contabilidad ambiental promueve la reutilización de materias primas y reduce residuos, fortaleciendo la responsabilidad social y generando beneficios económicos a largo plazo. En Lux Art 3D, la nueva estructura de costos refleja exactamente eso, la reutilización de plástico (150 botellas por ciclo de producción), menos residuos, y un compromiso más allá de lo financiero inmediato.

Por otro lado, conviene destacar una práctica innovadora de la empresa para mitigar el costo de la merma del 5% mencionada, que corresponde al aprovechamiento creativo de los residuos no procesables. Según Tabla 13, Lux Art 3D planea destinar las tapas, anillos y bases de las botellas (partes que no logran convertirse en filamento) a la creación de llaveros ecológicos pintados artesanalmente. Esta iniciativa convierte un pasivo (desperdicio) en un nuevo producto con valor agregado, diversificando la oferta y reforzando la imagen sostenible del emprendimiento. Si tiene éxito, podría incluso generar ingresos adicionales que compensen los costos extras incurridos por la ruta ambiental. De este modo, la estructura de costos ambiental de Lux Art 3D incorpora no solo gastos, sino también oportunidades de innovación que el modelo tradicional no contemplaba.

2.2. Evaluación de los Beneficios Ecológicos Derivados de las Prácticas Sostenibles

2.1.4. Prácticas sostenibles implementadas

En la evaluación de los beneficios ecológicos obtenidos a partir de las prácticas sostenibles aplicadas por Lux Art 3D, desde la óptica de la contabilidad ambiental. En primer lugar, se requiere detallar cuáles son esas prácticas sostenibles implementadas. En cuanto a esto, la empresa, al transicionar a un modelo de producción más verde, adoptó varias iniciativas, como el uso de plástico reciclado (botellas PET) para fabricar su filamento, la reducción de residuos plásticos enviados al relleno sanitario, reutilización de subproductos (elaboración de llaveros con sobrantes), y en general la incorporación de principios de economía circular en su operación.

En la Figura 9 se ilustra la frecuencia con que el entrevistado mencionó diferentes prácticas sostenibles. Las subcategorías más destacadas incluyen: reciclaje de PET, gestión de residuos, eficiencia energética y conciencia ambiental. Esto indica que Lux Art 3D no sólo recicla materia prima, sino que también ha procurado optimizar otros aspectos, por ejemplo, podría estar apagando equipos cuando no se usan, o planificando la producción para minimizar desperdicios de filamento. La Figura 9 complementa con un histograma que muestra la práctica más enfatizada: claramente el reciclaje de plástico lidera, seguido de la educación ambiental, pues el dueño mencionó esfuerzos por formarse e incluso educar a clientes sobre la importancia del material reciclado, y la optimización de insumos.

Figura 9

Histograma de frecuencias de la categoría de prácticas sostenibles y sus subcategorías



Un beneficio ecológico tangible de estas prácticas es la reducción de la huella de residuos plásticos. Como se mencionó, cada ciclo de producción en Lux Art 3D reutiliza ~150 botellas plásticas de

PET. Esto significa 150 botellas menos en el vertedero o en el medio ambiente por lote de producción. En un contexto donde en Colombia solo ~30% de envases plásticos se reciclan, el aporte de empresas como Lux Art 3D es significativo (PNUMA, 2023). En la ciudad de Popayán, apenas 10% de la basura diaria se recicla, por lo que cada botella recuperada cuenta (Alcaldía de Popayan, 2024). Lux Art 3D contribuye directamente a reducir la contaminación local por plásticos, alineándose con los llamados de las autoridades a incrementar el reciclaje en la fuente. De hecho, al aprovechar botellas post-consumo, la empresa ayuda a mitigar parte de las ~9.000 toneladas diarias de desechos plásticos de la ciudad.

El anterior beneficio ecológico es medible en términos de peso de residuos desviados: suponiendo que 150 botellas equivalen a ~4–5 kg de plástico, cada producción evita esa cantidad de nuevo residuo. Adicionalmente, al reutilizar plástico ya existente, disminuye la demanda de producción de plástico virgen, lo cual reduce emisiones y consumo de petróleo a nivel global. Escobar y Motta (2024) demostraron en el Huila que reciclar botellas PET para filamento 3D es técnicamente viable y ambientalmente beneficioso, abriendo oportunidades de economía circular local. Lux Art 3D es evidencia práctica de ello.

Otra práctica sostenible identificada es la eficiencia en el uso de materiales, ya que la tecnología de impresión 3D de por sí genera menos despilfarro de materia prima, hasta 90% menos residuos que métodos de fabricación sustractiva (Worth, 2022). Lux Art 3D maximiza este beneficio al combinar la eficiencia de la impresión aditiva con materiales reciclados. Así, se obtiene una doble ventaja ambiental, menos residuos en la producción y menos residuos en la materia prima. La empresa reporta prácticamente desperdicio cero de filamento durante la impresión, ya que el software calcula exactamente el material necesario por pieza. Además, cualquier falla de impresión o sobrante puede reciclarse nuevamente triturándolo (otra práctica circular). En suma, la operación de Lux Art 3D se acerca a un modelo de cero residuos plásticos, que es un beneficio ecológico notable. Esto responde a la recomendación de autores como Sánchez *et al.* (2024) de integrar la contabilidad ambiental con las prácticas empresariales para lograr producción sostenible, en este caso monitoreando cuánta materia prima se reutiliza versus se desecha.

Asimismo, la empresa ha implementado prácticas de eco-diseño en sus productos, si bien Lux Art 3D se especializa en figuras 3D personalizadas, la conciencia ambiental ha llevado al dueño a considerar el impacto de sus diseños: por ejemplo, prefiere modelos huecos o con menos material siempre que la calidad lo permita, para ahorrar plástico. También ha explorado ajustar el tamaño

estándar (15 cm) de las figuras a uno óptimo donde el consumo de filamento sea eficiente pero el producto siga siendo atractivo. Estas decisiones de diseño sustentable se reflejan en la entrevista cuando comenta que optimizamos los modelos para usar lo justo de material, sin afectar la estética. Esto reduce la huella de carbono del producto final y complementa la contabilidad de costos con indicadores físicos ambientales, por ejemplo, gramos de plástico por figura, porcentaje de material reciclado por unidad. Según la contabilidad ambiental, registrar estos indicadores no monetarios es tan importante como los financieros, ya que permiten monitorear mejoras ecológicas.

Finalmente, como parte de sus prácticas sostenibles, Lux Art 3D evidencia un compromiso educativo y comunitario. En este sentido, el dueño mencionó iniciativas para sensibilizar a clientes sobre la importancia del material reciclado, entregando folletos con información ambiental junto con los productos. También se vinculó a campañas locales de recolección de botellas, actuando como punto de acopio en su barrio.

Estas acciones, si bien no son costos ni beneficios directos en libros contables, generan un impacto positivo en la comunidad y en la imagen de la empresa. La responsabilidad ambiental que demuestra Lux Art 3D hacia sus stakeholders fortalece su reputación, lo cual es un activo intangible valioso. Cajiga (s.f.) señala que la responsabilidad social empresarial, que incluye la dimensión ambiental, mejora la aceptación de la empresa en la sociedad y agrega valor a la marca. Por ende, las prácticas sostenibles implementadas no solo rinden frutos ecológicos (menos contaminación), sino también beneficios reputacionales para Lux Art 3D.

2.2.2. Percepción de Beneficios por Sostenibilidad

Además de los beneficios ecológicos objetivos, es crucial evaluar la percepción de beneficios que tiene el empresario acerca de la sostenibilidad, en línea con los principios de contabilidad ambiental. La Figura 10 presenta la frecuencia de codificación de la categoría percepción de beneficios y sus subcategorías en la entrevista. Se identifican varios tipos de beneficios percibidos: beneficios económicos, beneficios ambientales, beneficios de imagen corporativa, e incluso beneficios sociales. La Figura 11 (histograma) muestra que, si bien el entrevistado reconoce fuertemente los beneficios ambientales, por ejemplo, contribuir a reducir la contaminación, lo cual era esperable dada su motivación ecológica, también se atribuye gran importancia a los beneficios económicos directos e indirectos obtenidos por adoptar prácticas sostenibles.

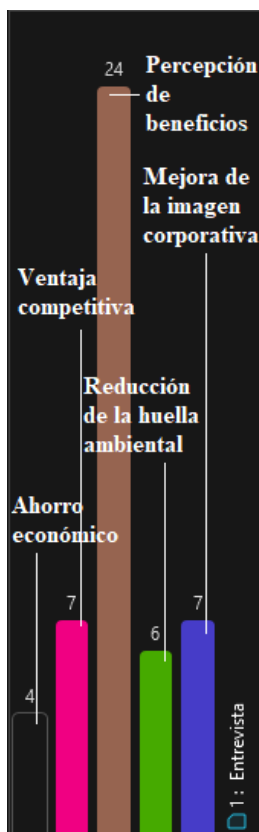
Figura 10

Frecuencia de codificación de la categoría percepción de beneficios y sus subcategorías

		1: Entrevista 87	Totales
◇ Ahorro económico	④ 4	4	4
◇ Mejora de la imagen corporativa	⑦ 7	7	7
● ◇ Percepción de beneficios	②④ 24	24	24
◇ Reducción de la huella ambiental	⑥ 6	6	6
◇ Ventaja competitiva	⑦ 7	7	7
Totales		48	48

Figura 11

Histograma de frecuencias de la categoría de percepción beneficios y sus subcategorías



En términos de beneficios económicos, los datos contables comparativos entre el escenario tradicional y el ambiental arrojan un resultado contundente, la empresa mejora su rentabilidad al

incorporar la sostenibilidad. Aunque el costo de producción por unidad fue mayor en el enfoque ambiental, Lux Art 3D logró aumentar sus ingresos y su margen de utilidad gracias a la diferenciación de su producto y a una mayor demanda. La Tabla 23 y Tabla 24 muestran los estados de resultados para las órdenes de producción 1 (tradicional) y 2 (ambiental) respectivamente, ambas correspondientes al periodo de 28 de febrero a 28 de marzo de 2025.

En el caso tradicional (Tabla 23), con filamento convencional, la empresa obtuvo Ingresos netos de \$1.280.556 y, tras un costo de ventas de \$914.683, una utilidad bruta de \$365.873. Luego de gastos operativos (administración y ventas) de \$324.700, la utilidad operativa resultó en apenas \$41.173. En cambio, bajo el enfoque sostenible (ver Tabla 23), para el mismo periodo Lux Art 3D generó Ingresos netos de \$2.144.176 –incremento notable que refleja un mayor volumen de ventas o un precio de venta superior por ofrecer un producto eco-amigable–. Con un costo de ventas de \$1.531.554, la utilidad bruta ascendió a \$612.622, y tras gastos operativos similares (\$324.700), la utilidad operativa fue de \$287.922. Esto supone que la utilidad operativa en el escenario ambiental fue aproximadamente 7 veces mayor que en el tradicional (\$287.922 vs \$41.173). La rentabilidad neta mejora sustancialmente, pasando de apenas ~3% sobre ingresos (41 mil de 1,28 millones) a cerca de 13.4% (287 mil de 2,14 millones).

Tabla 23

Estado de resultados 1 del 28 de febrero al 28 de marzo de 2025

Detalles de los costos tradicionales de Lux Art 3D	Cifras Expresadas en Pesos Colombianos
Ingresos brutos	\$ 1.280.556
(-) Devolución en Ventas	\$ 0
(=) Ingresos Netos	\$ 1.280.556
(-) Costo de Ventas	\$ 914.683
(=) Utilidad Bruta	\$ 365.873
(-) Gastos Operativos	\$ 324.700
Gastos de Administración	\$ 162.350
Gastos de Ventas	\$ 162.350
(=) Utilidad Operativa	\$ 41.173
Gastos no operacionales	\$ 0
(=) Resultado Neto del Ejercicio	\$ 41.173
Utilidad a distribuir	\$ 41.173

*Ivan Villareal**Karen Lorena Santofimio Q.*

Iván Alexander Villareal
Representante Legal

Karen Lorena Santofimio
Contadora Publica

Tabla 24*Estado de resultados 2 del 28 de febrero al 28 de marzo de 2025*

Detalles de los costos ambientales de Lux Art 3D	Cifras Expresadas en Pesos Colombianos
Ingresos brutos	\$ 2.144.176
(-) Devolución en Ventas	\$ 0
(=) Ingresos Netos	\$ 2.144.176
(-) Costo de Ventas	\$ 1.531.554
(=) Utilidad Bruta	\$ 612.622
(-) Gastos Operativos	\$ 324.700
Gastos de Administración	\$ 162.350
Gastos de Ventas	\$ 162.350
(=) Utilidad Operativa	\$ 287.922
Gastos no operacionales	\$ 0
(=) Resultado Neto del Ejercicio	\$ 287.922
Utilidad a distribuir	\$ 287.922

Ivan Villareal *Karen Lorena Santofimio Q.*

Iván Alexander Villareal Karen Lorena Santofimio
Representante Legal Contadora Publica

Este salto en utilidad confirma la percepción del empresario de que adoptar prácticas sostenibles trae beneficios económicos tangibles. En primer lugar, Lux Art 3D pudo vender más: ya fuera porque elaboró más unidades (posible si la Orden 2 abarcó más pedidos) o porque agregó valor ambiental a su producto y lo vendió a mejor precio. Es plausible que la empresa mercadee sus figuras 3D como ecológicas o elaboradas con plástico reciclado, lo cual atrae a un segmento de clientes dispuesto a pagar un sobreprecio por productos sostenibles. Uribe y Gómez (2024) encontraron que en la industria manufacturera colombiana existe una creciente percepción de valor en productos sostenibles por parte de los consumidores, que se traduce en mayor intención de

compra. En línea con esto, Lux Art 3D habría capitalizado su propuesta verde para diferenciarse de competidores que ofrecen impresiones 3D convencionales. Así, un beneficio percibido es la mejora competitiva y de ingresos gracias a la sostenibilidad.

En segundo lugar, aunque los costos totales fueron mayores, algunos ahorros internos empiezan a manifestarse. Por ejemplo, con el reciclaje de botellas la empresa depende menos de proveedores externos, mitigando riesgos de aumento de precios de filamento comercial en el mercado. También, a medida que refine su proceso de reciclaje, puede reducir costos unitarios, como se proyectó a capacidad máxima. El dueño mencionó en la entrevista “que a largo plazo gastaremos menos”, porque cada botella que reciclamos es filamento que no compramos. Esta expectativa concuerda con la literatura, que internalizar costos ambientales inicialmente puede bajar utilidades, pero en el mediano plazo suele mejorar la eficiencia y ahorrar recursos. De hecho, Camargo y Chacón (2024) subrayan que aplicar un modelo contable ambiental con análisis costo-beneficio puede fomentar la sostenibilidad de las PYMES al identificar oportunidades de ahorro en residuos y energía. La percepción de Lux Art 3D va en ese sentido, ya que considera la inversión en sostenibilidad como algo que se paga solo con el tiempo.

Por otro lado, están los beneficios ambientales percibidos, que para el empresario son un fin en sí mismo. Él valora que su emprendimiento contribuye a hacer algo por el planeta, sentimiento que impulsó la creación misma del modelo de negocio. En términos contables, esto se refleja en la emergente cuenta de ahorro ecológico no escrita, pues en cada lote de producción ahorra kilogramos de CO₂ que hubieran sido emitidos de producir nuevo plástico, ahorra espacio en vertederos, ahorra agua que se hubiese usado en la producción petroquímica, etc. Si bien estos no son apuntes en libros mayores, la contabilidad ambiental sugiere incluirlos en informes de sostenibilidad.

Lux Art 3D podría, por ejemplo, reportar trimestralmente cuántos kg de plástico recicló y estimar los impactos evitados, siguiendo lineamientos de reportes de sostenibilidad. Esta cuantificación es un beneficio intangible que mejora la toma de decisiones, pues la empresa percibe así su desempeño ambiental. Burritt *et al.* (2021) destacan que enfocar la gestión en la contabilidad ambiental ayuda a las empresas a mantenerse resilientes y enfocadas en mejoras continuas en su desempeño ecológico. Lux Art 3D, al reconocer sus beneficios ambientales, seguramente continuará y ampliará sus prácticas sostenibles, creando un ciclo virtuoso.

Otro beneficio percibido muy relevante es el de imagen corporativa y marketing verde. Para Lux

Art 3D, la etiqueta de eco-amigable ha fortalecido su marca localmente. El dueño observa mayor interés de clientes cuando comunica que sus productos provienen de plástico reciclado; incluso ha obtenido publicidad gratuita a través de medios que se interesan en iniciativas verdes, ya que mencionó que una radio local lo entrevistó por el Día Mundial del Reciclaje, dándole exposición comercial. Endesa (2025) señala que las empresas sostenibles mejoran su imagen corporativa y eso se traduce en mayor lealtad de clientes y preferencia de marca, un beneficio intangible pero poderoso.

En un mercado donde las grandes cadenas aún no ofrecen bienes con estas características, Lux Art 3D ha logrado un posicionamiento de pionero en sostenibilidad en impresión 3D en su región. La percepción del empresario es que esto nos ha abierto puertas; ahora nos buscan por ser eco. Efectivamente, la reputación verde se convierte en ventaja competitiva y reduce costos de mercadeo, porque los mismos clientes promueven el negocio por su componente ambiental. En contabilidad tradicional, estos beneficios no se reflejan inmediatamente, pero en una gestión integral se consideran activos intangibles que aumentan el valor de la empresa.

En cuanto a beneficios sociales, Lux Art 3D percibe que su proyecto genera conciencia y educación ambiental en su comunidad. Ha integrado a vecinos en la recolección de botellas, con lo cual crea tejido social en torno al reciclaje. También provee un ejemplo para otras PYMES locales, mostrando que es viable unir rentabilidad y cuidado ambiental. Estos beneficios sociales son parte de la responsabilidad social empresarial de Lux Art 3D. Si bien no tienen una valoración monetaria, le aportan legitimidad ante autoridades y la sociedad. De hecho, estar alineado con políticas públicas pone a la empresa en una posición favorable para posibles incentivos o apoyo institucional. El entrevistado mencionó que la Alcaldía ha reconocido su iniciativa, lo que podría traducirse en futuras alianzas, por ejemplo, participación en programas de reciclaje municipales.

En conjunto, la evaluación de los beneficios ecológicos muestra que Lux Art 3D obtiene ganancias multidimensionales al aplicar la sostenibilidad: económicas (más ingresos y utilidad, costos potencialmente menores a largo plazo), ambientales (reducción real de contaminación y ahorro de recursos naturales), competitivas (mejor imagen y diferenciación de mercado) y sociales (educación y reputación comunitaria). Estas ventajas confirman la validez del enfoque de contabilidad ambiental implementado. De hecho, estudios sistemáticos han encontrado que la adopción de la contabilidad ambiental mejora tanto el desempeño ambiental como el financiero de las empresas. Lux Art 3D es un ejemplo vivo: al poner números a la sostenibilidad, ha potenciado

su proyecto empresarial en todas sus aristas.

2.3. Diseño de un Modelo de Gestión Estratégica Basado en Contabilidad Ambiental

2.3.1. Gestión Estratégica con Enfoque Ambiental

Al diseñar un modelo de gestión estratégica para Lux Art 3D con base en la contabilidad ambiental, se traduce los hallazgos en lineamientos y componentes concretos que la empresa puede implementar, con el propósito de consolidar su transición hacia la sostenibilidad de forma planificada y sistemática. En primer lugar, es fundamental comprender cómo la empresa concibe actualmente la gestión estratégica con enfoque ambiental. La Figura 12 muestra la frecuencia de codificación de la categoría gestión estratégica y sus subcategorías en la entrevista, observándose que el entrevistado asocia la gestión estratégica ambiental con elementos como: planeación a largo plazo, mejora continua, alineación con objetivos sostenibles y ventaja competitiva verde.

Figura 12

Frecuencia de codificación de la categoría gestión estratégica y sus subcategorías

		1: Entrevista 87	Totales
◆ Definición y seguimiento de KPI ambientales	1	1	1
◆ Gestión estratégica	6	6	6
◆ Planificación integral ambiental	3	3	3
◆ Toma de decisiones basadas en datos	2	2	2
Totales		12	12

La Figura 13 (histograma) destaca que dentro de esta categoría las subcategorías más mencionadas fueron planificación ambiental (es decir, incorporar objetivos ambientales en la visión de la empresa) y toma de decisiones informada por datos ambientales. Esto sugiere que el dueño de Lux Art 3D reconoce la necesidad de integrar la variable ambiental en todas las decisiones estratégicas, desde la definición de su modelo de negocio hasta las operaciones diarias.

Figura 13

Histograma de frecuencias de la categoría de gestión estratégica y sus subcategorías



Una gestión estratégica con enfoque ambiental para Lux Art 3D debe partir de su misión y visión. Dado que la empresa nació con un propósito ecológico, transformar residuos plásticos en productos útiles, es coherente que en su visión se establezca formalmente el compromiso con la sostenibilidad y la economía circular. Por ejemplo, Lux Art 3D podría enunciar una visión como ser líder en innovación sostenible en impresión 3D, demostrando que la rentabilidad y el cuidado ambiental van de la mano. Incluir estas ideas en su planeación estratégica enmarca todas las acciones futuras. Estratégicamente, la empresa debería posicionarse no solo como fabricante de objetos 3D, sino como actor ambientalmente responsable en su comunidad y sector. Siguiendo modelos internacionales, un referente clave es la norma ISO 14001:2015 de sistemas de gestión ambiental. Esta norma provee un marco para integrar la gestión ambiental a la estrategia

corporativa, enfatizando el ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) enfocado al mejoramiento continuo. Adoptar lineamientos de ISO 14001 ayudaría a Lux Art 3D a estructurar su gestión ambiental, por ejemplo, identificar aspectos ambientales de su actividad (consumo de plástico, generación de residuos y emisiones de carbono por electricidad), establecer objetivos y metas ambientales (porcentaje de material reciclado a utilizar, reducción de consumo energético en X% al año, entre otras), definir responsabilidades dentro de la organización (aunque sea pequeña, asignar roles, por ejemplo, el dueño como responsable ambiental, quizá apoyado por un asesor externo), y monitorizar y documentar los avances.

Según lo anterior, la certificación ISO podría ser a futuro (por costos y escala), el modelo de gestión estratégica propuesto puede inspirarse en sus principios para garantizar rigurosidad. Esto alinearía a Lux Art 3D con buenas prácticas globales, preparándola para futuras exigencias de mercados más grandes o cadenas de suministro que requieran a sus proveedores cumplir estándares ambientales. Además, la adopción de un sistema tipo ISO 14001 internamente mostraría el compromiso serio de la empresa, lo que ya es un elemento estratégico de reputación y confianza. Por otro lado, la empresa debe incorporar en su estrategia la capacidad de adaptarse a cambios normativos, de mercado o tecnológicos relacionados con el medio ambiente, por ejemplo, si en el futuro surge una tecnología de reciclaje más eficiente, Lux Art 3D debería estar atenta a adoptarla. Además, si la legislación colombiana impone nuevas responsabilidades extendidas al productor (REP) para empaques y plásticos, la empresa tiene ventaja por su experiencia en reciclaje.

Huy y Phuc (2024) argumentan que la práctica de la contabilidad de gestión ambiental combinada con la gestión de la innovación verde aumenta la resiliencia estratégica de las empresas. En ese sentido, el modelo de Lux Art 3D debe incluir un proceso de vigilancia del entorno, que ayudará monitorear tendencias en sostenibilidad, nuevas normativas ambientales, posibilidades de financiación verde, etc., e incorporarlas a su plan de negocio. Esto podría formalizarse con reuniones trimestrales de revisión estratégica donde se evalúe el desempeño ambiental y se ajusten acciones, siguiendo el ciclo PHVA mencionado.

Asimismo, la gestión estratégica basada en contabilidad ambiental debe traducirse en políticas y procedimientos internos. Lux Art 3D podría desarrollar, por ejemplo, una política de compras verdes, priorizando la adquisición de materiales eco, ya lo hace con botellas, pero podría extenderlo a suministros de empaque biodegradables y equipos energéticamente eficientes. Otra política podría ser la de cero vertidos de plásticos, comprometiéndose a que ningún residuo plástico

de su proceso terminará en basura común, lo que ya se está aplicando. Estas políticas estratégicas guían la toma de decisiones diarias y envían un mensaje claro a todos los involucrados sobre qué es importante. Desde la perspectiva contable, esto implica adaptar el sistema de información gerencial para reflejar estas prioridades, por ejemplo, incluir en los reportes mensuales indicadores ambientales clave junto con los financieros, de forma que el desempeño se evalúe integralmente. Cabe mencionar que la gestión estratégica ambiental tiene un impacto transversal con la mejora la sostenibilidad financiera a largo plazo de la empresa. Mondal *et al.* (2024) y Deb *et al.* (2023) evidencian un nexo positivo entre la contabilidad ambiental, la producción sostenible y el desempeño financiero. En la planeación estratégica de Lux Art 3D esto se refleja en que invertir en sostenibilidad hoy (en tiempo, recursos y capacitación) se considera una estrategia para asegurar ingresos y viabilidad mañana.

Concretamente, la gestión estratégica con enfoque ambiental en Lux Art 3D implica integrar la dimensión ecológica en la visión, planificación, políticas y procesos de la empresa, utilizando la contabilidad ambiental como herramienta central para medir y guiar el desempeño. El modelo diseñado debe asegurar que las decisiones estratégicas (qué producir, cómo crecer y dónde invertir) siempre consideren los costos y beneficios ambientales, maximizando así la sostenibilidad global del negocio.

2.3.2. Requerimientos Contables para la Contabilidad Ambiental

Un pilar del modelo de gestión estratégica propuesto es establecer los requerimientos contables necesarios para incorporar efectivamente la dimensión ambiental en la empresa. La Figura 14 muestra las menciones del entrevistado relacionadas con requerimientos contables y subcategorías, mientras que la Figura 15 grafica su importancia relativa. Se identifican subcategorías como: creación de cuentas específicas, sistemas de costeo ambiental, indicadores e informes ambientales, y capacitación contable. De esto se desprende que el empresario es consciente de que debe ir más allá de simplemente tener buena intención ecológica; necesita herramientas contables concretas para medir, registrar y reportar lo ambiental de forma estándar.

Figura 14

Frecuencia de codificación de la categoría requerimientos contables y sus subcategorías

		1: Entrevista 87	Totales
◆ Políticas contables para reportes sostenibles	3	3	3
◆ Registro de costos ambientales	2	2	2
●◆ Requerimientos contables	5	5	5
Totales		10	10

Figura 15

Histograma de frecuencias de la categoría de requerimientos contables y sus subcategorías



En primer lugar, es necesario adaptar el plan de cuentas de Lux Art 3D para reflejar los costos y activos ambientales. Actualmente, su contabilidad tradicional registra cuentas como Inventario de Materia Prima, Costo de Mano de Obra y Costos Indirectos de Fabricación. El requerimiento contable aquí sería, por ejemplo, segregar las cuentas de materia prima en Materia Prima Convencional y Materia Prima Reciclada. De hecho, en la Tabla 2 ya se ve esa diferenciación en

inventarios (filamento convencional vs. reciclado), lo cual es un buen comienzo. Sin embargo, se puede profundizar, por ejemplo, crear una cuenta de Gastos de reciclaje y recuperación, donde se acumulen los costos asociados a recolectar y procesar el material reciclado (horas de trabajo, suministros como el alcohol y energía extra).

Esto permitiría conocer con exactitud cuánto cuesta internamente producir filamento reciclado. Igualmente, se podría abrir una cuenta de Inversión en activos ambientales para registrar, por ejemplo, la compra de la máquina extrusora de filamento o futuras máquinas para lavado de botellas, etc., distinguiéndolas de otros activos productivos. Por otra parte, Lezca (2002) y Laguna *et al.* (2021) proponen clasificar los costos ambientales en categorías como prevención, evaluación, control y fracaso, por ejemplo, costos de prevención de contaminación, costos de manejo de residuos, etc. Para Lux Art 3D, podría incorporarse una sub-clasificación como costos de prevención a través de una capacitación ambiental, costos de procesamiento sostenible como lo mencionado de reciclaje, y costos de disposición final, aunque aquí casi no hay, dado que reutilizan todo.

Un requerimiento importante es implementar un sistema de costeo apropiado, lo que podría beneficiar a la empresa de un costeo basado en actividades (ABC) adaptado a la gestión ambiental. El Time-Driven ABC incluso permitiría asignar costos a actividades ambientales de manera más precisa (Kaplan & Anderson, 2003). Sin ser excesivamente complejo, Lux Art 3D ya hizo un ejercicio parecido que se registra en las Tablas 6 y 7, las cuales distribuyen CIF y MOD a las órdenes según horas y actividades. Incorporar la perspectiva ambiental implica quizás definir actividades específicas como la recopilación de botellas, extrusión de filamento y pintado artesanal eco, y asignarles costos.

Con lo anterior, se obtendría el costo real por actividad y por producto con mayor exactitud. Contablemente, esto requiere un mayor detalle en la captura de datos, por ejemplo, fichar cuántas horas se dedicaron a cada tarea, y tal vez usar alguna herramienta como hojas de costo por orden con secciones ambientales, similar a las Tablas 10 y 20 que ya discriminan elementos ambientales como la materia prima reciclada y su CIF asociado. En conjunto, se requeriría refinar el costeo para reflejar la estructura dual tradicional/ambiental.

Otro requerimiento es la generación de informes y métricas ambientales periódicas que incluya el Estado de resultados ambiental, donde se muestren no solo ingresos y gastos financieros, sino ahorros por prácticas verdes, gastos ambientales incurridos, balance ambiental como inventario de

entradas y salidas físicas (materia prima reciclada usada vs desechada), emisiones evitadas, agua consumida y un Estado de valor agregado ambiental que presente cómo las actividades de la empresa crean valor ecológico a la sociedad. Para Lux Art 3D, implementar reportes internos mensuales o trimestrales con indicadores como % de materia prima reciclada usada, kg de PET recuperado, energía consumida por kg producido, costo por kg de filamento reciclado vs costo de comprarlo, daría una visibilidad clara de su desempeño.

Estos informes servirían estratégicamente para tomar decisiones, por ejemplo, si notan que el costo por kg reciclado está muy alto, ver dónde aumentar la eficiencia. Contablemente, implica recopilar datos que antes no se registraban formalmente como los kilogramos reciclados o la energía en kWh usada por la extrusora, etc., y presentarlos posiblemente en un anexo a los estados financieros o en informes gerenciales específicos de sostenibilidad. Algunas empresas optan por memorias de sostenibilidad anuales; en el caso de Lux Art 3D, un informe sencillo semestral podría ser suficiente, donde consolide estos logros ambientales con respaldo numérico. Esto también prepara a la empresa ante eventuales requerimientos de reporting más formales: por ejemplo, clientes corporativos podrían pedirles datos de sostenibilidad, y ellos ya los tendrían sistematizados.

En la Figura 16 toca el tema de formación, pero es relevante mencionarlo aquí, ya que la contabilidad ambiental introduce conceptos y prácticas novedosas que difieren de la contabilidad financiera tradicional. Por tanto, se recomienda que el personal contable de Lux Art 3D reciba formación especializada en temas como: normas internacionales de información ambiental, metodologías de costeo ecológico, cálculos de huella de carbono, etc.

Figura 16

Frecuencia de codificación de la categoría responsabilidad ambiental y sus subcategorías

		1: Entrevista 87	Totales
◆ Cumplimiento normativo	1	1	1
◆ Formación y sensibilización interna	1	1	1
◆ Relación con grupos de interés	2	2	2
● ◆ Responsabilidad ambiental	4	4	4
Totales		8	8

La contadora de Lux Art 3D puede requerir entrenarse en el uso de herramientas como software de contabilidad ambiental. Si bien la empresa es pequeña y probablemente use Excel u hojas contables simples, hay software ERP que integran módulos verdes. A futuro, al crecer, contemplar un sistema contable-informático que admita marcación de transacciones con atributos ambientales sería ideal. Un ejemplo sencillo: programar en el sistema contable actual que cada vez que se registre una compra de material, se especifique si es reciclado o no, para así generar reportes automáticamente. Todo esto son adaptaciones técnicas que requieren conocimiento específico y tal vez asesoría externa inicial.

Adicionalmente, los indicadores de desempeño deben redefinirse incluyendo metas ambientales. Desde la contabilidad de gestión se habla de 7 indicadores KPI verdes, tal como lo menciona Treviño (2021). Lux Art 3D debería fijar sus KPIs clave, por ejemplo, Costo ambiental por unidad que combine ciertos costos ambientales por cada figura producida, Porcentaje de residuos reciclados internamente, Intensidad energética por lote, etc. Estos KPIs serían calculados con la información contable ambiental recabada y seguidos en el tiempo, alimentando la mejora continua. Un requerimiento contable subyacente es que los sistemas y procesos estén listos para capturar la data necesaria para estos KPIs, por ejemplo, para medir intensidad energética por lote, el contador deberá obtener del medidor eléctrico cuánta energía consumió la extrusora en ese lote; eso implica quizá instalar sub-contadores o llevar registros manuales por hora.

Por último, es importante normalizar la información ambiental en moneda, porque la contabilidad tradicional opera en pesos; la ambiental incorpora magnitudes físicas. El puente es asignar costos monetarios a impactos físicos, como ejemplo: cuánto le cuesta a la empresa por kg de residuo generado, o cuánto ahorra por kg reciclado. Esa es una reflexión valiosa que podría monetizarse, si la tarifa de aseo se paga por kg de basura, Lux Art 3D está evitando pesos en costos municipales con su labor. Incorporar estos cálculos en su análisis le daría un argumento de peso al comunicar su impacto. En contabilidad ambiental avanzada se habla de ecobalance sheet o incluso contabilidad de triple resultado (triple bottom line) que integra valor económico, ambiental y social. El modelo estratégico propuesto puede no llegar a tanto formalmente, pero debe moverse en esa dirección, asignar valores y costos a lo ambiental para tener una contabilidad integral.

En general, los requerimientos contables para habilitar la contabilidad ambiental en Lux Art 3D incluyen: modificar el plan de cuentas (creando cuentas y centros de costo ambientales), refinar métodos de costeo (posiblemente actividad-based y con tracking de costos ecológicos), generar

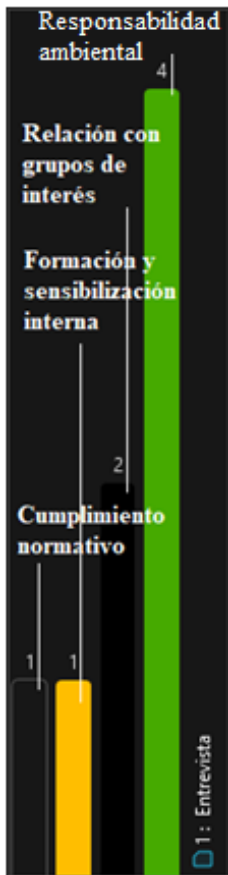
reportes ambientales periódicos con indicadores específicos, capacitar al personal contable en nuevas técnicas y herramientas, y establecer métricas monetarias para los impactos físicos. Todo esto conformará la infraestructura contable necesaria para que la empresa tome decisiones informadas basadas en su desempeño ambiental cuantificado, tal como recomiendan Camargo (2024) y Burritt *et al.* (2021) al destacar que la contabilidad ambiental brinda transparencia en gastos ambientales y oportunidades de eficiencia. Con estos cimientos contables, Lux Art 3D podrá sustentar y proyectar su estrategia verde con datos confiables.

2.3.3. Responsabilidad Ambiental: Normativa, Formación y Stakeholders

Cualquier modelo de gestión ambiental estratégico debe enmarcarse en la responsabilidad ambiental que la empresa tiene ante la sociedad, lo cual, abarca el cumplimiento de normativas legales, la formación de su personal en temas ambientales y la interacción con sus stakeholders (partes interesadas). En este sentido, la Figura 16 ilustra las menciones del entrevistado acerca de responsabilidad ambiental y subcategorías como cumplimiento normativo, capacitación ambiental y relación con partes interesadas, mientras que la Figura 17, complementa el panorama indicando que el discurso también tocó la responsabilidad social empresarial más amplia, de la cual la ambiental es un pilar. Esto evidencia que el empresario concibe su rol no solo como generador de ganancias, sino como agente de cambio social y ambiental en su comunidad.

Figura 17

Frecuencias de la categoría de responsabilidad social y sus subcategorías



En cuanto a la normatividad ambiental, Lux Art 3D opera en un contexto regulatorio cada vez más exigente en materia de sostenibilidad, ya que en Colombia existen leyes y resoluciones sobre gestión de residuos, uso de materiales reciclados y emisiones, que, aunque a veces se enfocan en empresas más grandes. Por ejemplo, recientemente se aprobó la ley que prohíbe plásticos de un solo uso para ser adoptada de forma gradual en el territorio nacional. Si bien Lux Art 3D no fabrica plásticos de un solo uso, su actividad de reutilización de PET se alinea perfectamente con el espíritu de esta legislación.

De acuerdo con lo anterior, un modelo de gestión estratégica debe asegurarse de cumplir con las normativas vigentes y anticipar las futuras. Por esto, es recomendable que la empresa registre formalmente sus acciones de cumplimiento, por ejemplo, si se generó algún residuo peligroso como tintas o solventes de limpieza de la impresora, se debe llevar un libro de control y disponerlos

mediante gestores autorizados para cumplir con la normativa de residuos peligrosos. También debería estar atenta a regulaciones locales, ya que, en el caso de la Alcaldía de Popayán, se impulsa campañas de reciclaje y podría emitir ordenanzas para que comercios separen residuos, aunque Lux Art 3D ya lo hace, se sugiere documentarlo y comunicarlo.

Por ahora, la escala de Lux Art 3D es artesanal, probablemente no requiera licencia ambiental, sin embargo, si crece a una planta de reciclaje mayor, debería gestionar permisos de emisiones, ruido, etc. El modelo estratégico debe incluir ese horizonte, por lo que se debe planificar para cumplir con los estándares técnicos ambientales, incluso si no se exigen aún para estar preparados. Por ejemplo, monitorear las emisiones de la impresora 3D y ventilar adecuadamente el local, aunque no haya regulación explícita, demuestra proactividad. Adicionalmente, adherirse a normativas voluntarias, como sellos verdes o certificaciones, puede ser parte de la estrategia. Así, el modelo demanda mantenerse actualizado con la normativa, cumplirla estrictamente, y aprovechar estándares voluntarios para elevar su credibilidad. Esto coincide con la recomendación de Naranjo y Valencia (2022), quienes señalan que los sistemas de gestión ambiental en Colombia deben adaptarse al marco legal vigente y características de las empresas, usando normas internacionales como guía.

El segundo componente es la formación y capacitación ambiental permanente, tanto interna como externa. De forma interna, la contadora debe realizar una capacitación en contabilidad ambiental, igualmente, el dueño como operario principal debe formarse en técnicas de reciclaje, en eco-eficiencia y en seguridad industrial al manejar materiales reciclados. El modelo estratégico puede incluir un plan de capacitación anual, que consisten en asistir a talleres de economía circular, cursos en SENA sobre gestión ambiental para PYMES, o charlas de asociaciones industriales, con el fin de que la empresa aplique las mejores prácticas. Adicionalmente, la cultura organizacional de Lux Art 3D debe formalizarse, establecimientos manuales sencillos o procedimientos operativos con buenas prácticas ambientales, por ejemplo, un procedimiento para la limpieza y reciclaje de botellas de forma eficiente y como menos riesgo.

Hacia afuera, la formación se extiende a la comunidad y proveedores, por lo que Lux Art 3D puede estratégicamente, asumir un rol educativo en su cadena de valor, capacitando a quienes le suministran las botellas (vecinas o recicladores informales) en cómo separar y limpiar las botellas antes de entregarlas, para facilitar el proceso. Por otra parte, puede dar pequeñas charlas en colegios locales sobre reciclaje y 3D, cumpliendo así una labor social. Esto no es ajeno a su

contabilidad ambiental, pues, aunque no se mida en pesos directos, se contabiliza en su balance social y en la generación de capital relacional. Algunas empresas registran las horas dedicadas a voluntariados o formación externa como parte de sus indicadores de sostenibilidad; Lux Art 3D podría llevar una cuenta de horas invertidas en educación ambiental a la comunidad, reflejando su compromiso.

El tercer eje es la relación con stakeholders, porque para Lux Art 3D los más interesados interesadas son los clientes, los proveedores de insumos reciclables, la comunidad local, las autoridades ambientales locales (Alcaldía, entes de aseo) y potencialmente inversionistas o aliados, por ejemplo, universidades o ONGs interesadas en apoyar proyectos verdes. El modelo estratégico debe incorporar mecanismos de diálogo y rendición de cuentas hacia ellos, como un ejemplo, sería la divulgación pública de sus resultados ambientales a través de redes sociales y publicando infografías con sus logros (botellas recicladas, CO₂ evitado, entre otros).

Lo anterior genera confianza y fortalece relaciones, ya que, en el caso de los proveedores de materiales reciclados, se puede establecer convenios de colaboración que aseguren el flujo de insumos y estándares de calidad, por ejemplo, pactar con una fundación recicladora para que le provea botellas limpias, apoyándolos a cambio con un precio justo. Con las autoridades, Lux Art 3D puede posicionarse como aliado al participar en mesas de trabajo de economía circular y ofrecer sus datos para estadísticas locales de reciclaje. Todo esto, forma parte de una estrategia de stakeholders, donde Lux Art 3D se integra en un ecosistema mayor de sostenibilidad.

Cabe mencionar que, al ser un emprendimiento pequeño, la cercanía con la comunidad es mayor, por lo que cada vecino que colabora es stakeholder y a la vez embajador de la marca. Por ello, cultivar esas relaciones a través de acciones como el de agradecer, mantener informados y quizá recompensar con descuentos o detalles, es estratégico. Desde la perspectiva de contabilidad social, se podrían listar en informes cosas como el número de aliados comunitarios y actividades con stakeholders realizadas para tener un seguimiento.

Un concepto relacionado es la transparencia, porque la responsabilidad ambiental implica ser transparente con los impactos, tanto positivos como negativos. Si en algún momento la empresa tuviera un incidente como una partida de filamento reciclado defectuosa, debe comunicarse y explicar cómo lo corregirá. Esta honestidad fortalecerá la confianza de stakeholders en el largo plazo.

Por último, la responsabilidad ambiental tiene un componente de ética empresarial, el cual Lux

Art 3D debería consagrar en su modelo valores éticos claros como el no hacer greenwashing (engañar sobre ser verde), sino realmente cumplir lo que promete; buscar siempre mejorar su desempeño ambiental más allá de lo mínimo requerido; y promover una cultura de responsabilidad en todos los que tocan su cadena (clientes, proveedores y aliados). De esta manera, su estrategia no será solo comercial sino un aporte genuino al desarrollo sostenible local. Estudios como Saavedra y Uribe (2024) enfatizan la importancia de incorporar información contable ambiental en empresas de reciclaje justamente para respaldar con datos esa responsabilidad y credibilidad. En general, el modelo estratégico basado en contabilidad ambiental para Lux Art 3D debe entrelazarse con una fuerte responsabilidad ambiental corporativa. Esto se operacionaliza cumpliendo y anticipando normativas, formando continuamente al equipo en temas verdes, y gestionando activamente las relaciones con todos los stakeholders para crear valor compartido. Todo ello complementa los aspectos duros de costos y beneficios, dotando al modelo de una dimensión humana y ética imprescindible para su éxito y sostenibilidad en el tiempo.

2.3.4. Relación con el diagnóstico contable

La propuesta del modelo de gestión estratégica contable-ambiental no surge en el vacío; deriva de un diagnóstico contable previo realizado a la empresa. En la sección metodológica de este estudio (Capítulo I) se definieron categorías y subcategorías de análisis, justamente para diagnosticar la situación actual de Lux Art 3D en términos contables y ambientales. La relación con el diagnóstico contable se refiere a cómo los hallazgos identificados (fortalezas, debilidades y brechas en la información) informan el diseño del modelo, asegurando que éste responda a las necesidades reales de la empresa.

Del diagnóstico inicial se concluyó que, Lux Art 3D tenía una contabilidad básica y orientada a lo financiero, con ausencia de registros específicos ambientales, pero con una dirección gerencial inclinada hacia la sostenibilidad. Por ejemplo, se identificó que en los registros contables no se separaban claramente los costos por tipo de material, algo que ya se corrigió al proponer cuentas separadas, y que no se cuantificaban en dinero los ahorros por usar material reciclado. También, se detectó que la empresa no estaba aprovechando ciertas oportunidades contables, por ejemplo, no se estaba registrando las horas de voluntariado comunitario que invierte, que, si bien no van en estados financieros tradicionales, podrían valorarse para efectos de informes de sostenibilidad. Estas brechas diagnosticadas han guiado la definición de requerimientos contables en la sección anterior.

Asimismo, el diagnóstico reveló la necesidad de sistematizar la información, porque gran parte de los datos se manejaban en hojas de Excel aisladas o incluso anotaciones manuales. Por ejemplo, el dueño llevaba un control manual de cuántas botellas recolectaba por semana, por lo que integrar esa información en el sistema contable-general fue un punto crítico. En respuesta, el modelo propone consolidar todos esos datos en una base de datos única que sirva tanto para contabilidad financiera como para ambiental. Idealmente, se podría utilizar el mismo archivo o software contable con módulos o pestañas adicionales para el detalle ambiental. Esto elimina la duplicidad, reduce el error humano y permite la generación de informes combinados.

También, el diagnóstico contable-fiscal indicó que Lux Art 3D, al ser una microempresa, estaba acogida a un régimen simple con obligaciones fiscales sencillas. Sin embargo, no aprovecha incentivos tributarios potenciales por inversiones ambientales o por desconocimiento, sabiendo que en Colombia existen algunos beneficios tributarios, como las deducciones especiales por inversión en control ambiental, o exclusión de IVA para ciertos equipos de reciclaje. El diagnóstico halló que la empresa no había considerado esto en su planeación tributaria. Por ende, el modelo estratégico integrará la planeación tributaria verde, por ejemplo, que, si Lux Art 3D adquiere una nueva maquinaria para reciclar, explore los beneficios fiscales asociados, que su contadora investigue las exenciones vigentes en la DIAN para ese tipo de activos. Esto mejora la eficiencia financiera y fue directamente inspirado por la brecha detectada en el diagnóstico.

Otra relación importante con el diagnóstico es la alineación con el sistema de información contable existente. Lux Art 3D ya tenía una forma de llevar sus finanzas; el modelo propuesto no busca reemplazar todo, sino complementar y mejorar. El diagnóstico mostró que la empresa cumple adecuadamente con su contabilidad financiera básica, lo cual es una fortaleza a mantener. De este modo, el modelo estratégico se diseña para ser compatible con las prácticas contables actuales, minimizando la resistencia al cambio. En este caso, si la empresa está cómoda llevando costos por órdenes de producción en Excel, el modelo plantea mantener eso, pero añadiendo columnas e indicadores ambientales. No se sugiere migrar a un costoso software nuevo de inmediato, porque el diagnóstico indicó limitaciones de presupuesto y escala para ello.

El diagnóstico contable también evaluó la situación financiera general de Lux Art 3D, encontrándose que es una empresa con baja endeudamiento según la Tabla 2 (patrimonio de \$3,8 millones y pasivos de sólo \$810 mil) y buena salud de liquidez en el arranque. Esto es relevante, porque indica que tiene margen para acometer inversiones o cambios sin poner en riesgo su

estabilidad inmediata. Por tanto, el modelo estratégico puede incluir recomendaciones de inversión, como adquirir paneles solares para alimentar la impresora y extrusora, reduciendo costos de energía y huella de carbono, sin que ello sea inviable financieramente.

Cabe señalar que, el diagnóstico sugiere que la empresa podría invertir, por ejemplo, un millón de pesos en mejoras ambientales dado su nivel de efectivo e inventarios, si hay un plan claro de recuperación de esa inversión vía eficiencia o mayor producción. Esta lectura financiera alimenta la viabilidad del modelo, ya que se proponen acciones acordes a la capacidad de la empresa. No tendría sentido sugerir, una certificación internacional costosísima o una maquinaria industrial de alto valor en este momento, porque el diagnóstico financiero lo desaconsejaría. Así, el modelo se ajusta a la realidad financiera diagnosticada.

Por otro lado, en la fase diagnóstica se recopilaron percepciones del propietario sobre su sistema contable actual. Este manifestó que deseaba una contabilidad más útil para la toma de decisiones, no solo para cumplirle a impuestos. Esa necesidad subjetiva pero importante se refleja en la construcción del modelo, pues la contabilidad ambiental proveerá justamente información para decisiones estratégicas, como cuánto producir de cada tipo, si subir precios para cubrir costos verdes, etc. Es decir, el modelo es una respuesta directa al insight del diagnóstico de que la contabilidad actual era subutilizada en la gestión diaria. En adelante, con la implementación del modelo contable-ambiental, Lux Art 3D obtendrá reportes integrales que facilitarán decisiones tácticas y estratégicas, satisfaciendo aquella inquietud inicial.

En concreto, existe una estrecha relación entre el diagnóstico contable realizado y el modelo de gestión estratégica propuesto. Todo aspecto del modelo fue concebido para atender las brechas y oportunidades identificadas en el diagnóstico, lo que garantiza que este no sea teórico o genérico, sino personalizado a Lux Art 3D. Además, la alineación con el diagnóstico asegura la pertinencia y factibilidad, porque se parte de la situación actual para llevar a la empresa a la situación deseada, paso a paso y con soluciones ad-hoc. En palabras de Agudelo y Ramírez (2020), la implementación de contabilidad ambiental en PYMES requiere primero identificar las falencias en los sistemas de información y la capacitación del personal; precisamente lo que hizo en el diagnóstico y a lo que responde el modelo.

2.3.5. Componentes Clave del Modelo de Gestión Estratégica Contable-Ambiental para Lux Art 3D

A modo de síntesis, se presentan en la Tabla 25 los componentes clave del modelo de gestión

estratégica basado en contabilidad ambiental diseñado para Lux Art 3D. Estos componentes son los pilares prácticos que, integrados, guiarán a la empresa hacia la consolidación de su enfoque sostenible.

Tabla 25

Pilares del Modelo de Gestión Estratégica Ambiental de Lux Art 3D

N.º	Componente Clave	Descripción
1	Visión y compromiso ambiental explícito	Se incorpora la sostenibilidad y la economía circular en la misión, visión y valores de Lux Art 3D. La dirección asume un compromiso público ambiental, fomentando una cultura organizacional verde y coherente desde la alta gerencia.
2	Adaptación del sistema contable	Se implementa una contabilidad ambiental integrada con cuentas específicas para costos e inversiones ambientales, separación contable entre procesos tradicionales y reciclaje, e inclusión de indicadores físicos y monetarios. Se prioriza la precisión y transparencia.
3	Medición y reporte de desempeño ambiental	Se establecen KPIs ambientales (uso de material reciclado, consumo energético y reducción de emisiones) con reportes trimestrales internos y anuales externos. Promueve la rendición de cuentas y alineación con estándares de sostenibilidad.
4	Cumplimiento normativo y mejora continua	Se garantiza el cumplimiento de normas ambientales mediante auditorías internas anuales y aplicación del ciclo PHVA (ISO 14001). Se gestionan acciones correctivas ante no conformidades, asegurando cumplimiento legal y ético.
5	Gestión de recursos y eco-eficiencia	Se fijan metas de reducción de consumo energético, aprovechamiento total de residuos y disminución de costos mediante reciclaje. Se optimizan procesos y se evalúan inversiones en tecnología eficiente (paneles solares y equipos de bajo consumo).
6	Capacitación y	Se realiza formación continua del personal en contabilidad y gestión

	desarrollo de competencias	ambiental, con al menos un entrenamiento anual. Se impulsa la participación en redes verdes para fortalecer capacidades y conciencia ecológica.
7	Involucramiento de stakeholders y responsabilidad social	Se crean mecanismos de participación con clientes, comunidad y aliados estratégicos. Incluye programas de recolección y educación ambiental, alianzas en proyectos sostenibles e informes sociales complementarios al reporte anual.
8	Integración de la sostenibilidad en la toma de decisiones estratégicas	Cada decisión empresarial se evalúa según el triple impacto: financiero, ambiental y social. Se aplica una matriz de evaluación para institucionalizar la sostenibilidad en la planificación estratégica y desarrollo de nuevos productos.

Estos ocho componentes funcionan en sinergia, pues la contabilidad ambiental (componentes 2 y 3) provee la información necesaria para la toma de decisiones estratégicas sostenibles (componente 8) y la mejora de eco-eficiencia (componente 5). Por otro lado, el compromiso desde la dirección (1) y la capacitación (6) habilitan a las personas para ejecutar los cambios. Además, el enfoque en normativa (4) y stakeholders (7) enmarca al modelo en la responsabilidad y la legitimidad, aumentando su sostenibilidad en el tiempo.

En esencia, el modelo de gestión estratégica contable-ambiental propuesto para Lux Art 3D transforma la forma en que la empresa planea, ejecuta y evalúa su negocio, pasando de una visión puramente financiera de corto plazo a una visión integral, sostenible y de largo plazo. Esto le permitirá a Lux Art 3D consolidar su transición de lo tradicional a lo ambiental de manera exitosa, sirviendo incluso como ejemplo replicable para otras microempresas del sector. Como señalan Velandia y Aparicio (2022), los beneficios de la contabilidad ambiental bien aplicada se reflejan en todas las áreas de la gestión empresarial, potenciando la producción, las finanzas y hasta el talento humano gracias a una estrategia unificada. Con este modelo, Lux Art 3D estaría alineada con las mejores prácticas contemporáneas de las PYMES sostenibles, incrementando su resiliencia, rentabilidad y aporte positivo al medio ambiente.

Conclusiones

- En el esquema tradicional, la mayor parte en costos directos convencionales se atribuye

principalmente a la materia prima virgen, mientras que los costos indirectos y las consideraciones ambientales, son prácticamente inexistentes en los registros. Al implementar la contabilidad ambiental, se internalizaron costos antes ignorados a través de la contabilizó el tiempo y recursos dedicados al reciclaje de plástico, así como la disminución técnica del proceso. Esto derivó en una estructura de costos ambiental con menor proporción de costos de materia prima, pero con mayores costos de conversión. A partir de esto, se afirma que la estructura ambiental redistribuye los costos hacia el interior de la empresa, haciéndola más independiente de insumos externos, pero más intensiva en trabajo y control de procesos.

- En términos ambientales, en el periodo analizado la empresa recicló alrededor de 150 botellas plásticas por ciclo productivo, evitando con esto la emisión de CO₂ asociada a la producción de nuevo plástico y reduciendo la contaminación local. Además, se redujo prácticamente a cero el desperdicio de filamento en el proceso productivo, gracias al uso eficiente de la impresión 3D y a la reprocesamiento de sobrantes, lo que demuestra un avance hacia la meta de cero residuos. Estos logros implican una mejora en el desempeño ambiental de la empresa que puede ser reportada y valorizada positivamente ante la sociedad. Desde la perspectiva de la contabilidad ambiental, Lux Art 3D comenzó a monetizar parcialmente estos beneficios, por ejemplo, ahorró costos en materia prima y potencialmente podría acceder a incentivos o certificaciones por su contribución ecológica.
- En cuanto a beneficios percibidos, la empresa constató un fortalecimiento de su imagen y marca: al ser reconocida como pionera en sostenibilidad en su rubro, atrajo nuevos clientes interesados en productos eco-amigables y obtuvo difusión orgánica de su propuesta, traduciéndose en mayores ingresos. Asimismo, los beneficios internos incluyen una mayor motivación y orgullo del propietario y su equipo por la labor realizada, lo cual incrementa el compromiso y la calidad del trabajo.
- A partir del análisis, se diseñó un modelo de gestión estratégica contable-ambiental ajustado a las características de Lux Art 3D, comprendiendo los componentes interrelacionados, que abarcan desde la planificación estratégica hasta el control operativo e integrando plenamente los criterios ambientales. Entre sus elementos clave se encuentran la definición de una visión y políticas empresariales que priorizan la sostenibilidad, la adaptación del sistema contable para crear cuentas y registros específicos de costos e

inversiones ambientales, la implementación de indicadores de desempeño ambiental alineados con los financieros, la incorporación de prácticas de mejora continua inspiradas en estándares como ISO 14001, la capacitación continua del personal en temas de contabilidad y gestión ambiental, los mecanismos de la inclusión de partes interesadas y transparencia en la comunicación de logros ambientales.

Recomendaciones

Para la empresa Lux Art 3D se propone lo siguiente:

- Documentar por escrito el modelo de gestión estratégica contable-ambiental planteado, lo cual implica elaborar un pequeño manual o protocolo interno que describa las nuevas cuentas creadas, la periodicidad de elaboración de informes ambientales y los responsables de recolectar ciertos datos (kilogramos reciclados y consumo energético). Este documento servirá de guía para la implementación y facilitará la inducción de futuros empleados o colaboradores. Asimismo, se sugiere integrar el modelo en reuniones de gestión, por ejemplo, incluir en el orden del día de las reuniones mensuales un punto para revisar los indicadores ambientales junto con los financieros, garantizando la visión integral en la toma de decisiones.
- Otra recomendación es evaluar un software de contabilidad que permita manejar centros de costos ambientales o añadir campos personalizados para datos ecológicos. Pero, de no ser posible por su costo, se puede optar por crear plantillas avanzadas de Excel con macros que automaticen cálculos de indicadores ambientales a partir de la entrada de datos contables mensuales. Por ejemplo, una plantilla donde al ingresar los gastos en energía, horas de máquina y producción del mes, arroje automáticamente la huella de carbono estimada o la intensidad energética de ese período. Esto reducirá la carga manual y los errores, haciendo más eficiente el seguimiento del desempeño ambiental.
- Como parte de la mejora continua, Lux Art 3D podría aspirar a obtener certificaciones ambientales apropiadas a su tamaño. Inicialmente, se podría pensar en sellos de producto verde, por ejemplo, algún sello local o regional que avale que sus figuras están hechas con material reciclado. A mediano plazo, si la empresa crece, se debe considerar la certificación ISO 14001 de su sistema de gestión ambiental, ya que esto le abriría puertas en mercados corporativos. También, se aconseja participar en concursos o premios ambientales para PYMES, lo cual además de darle reconocimiento, puede traer apoyo técnico o financiero, publicidad positiva y la obtención de altos estándares.
- Se recomienda a Lux Art 3D trabajar de cerca con sus proveedores de residuos (recicladores y comunidad) para asegurar una cadena de suministro sostenible y constante. Esto puede incluir acuerdos formales como contratos de suministro de botellas a cierto

precio, apoyo logístico sobre la disposición de contenedores de recolección en ciertos puntos, e incluso alianzas con otras empresas que generen desperdicios de plástico, por ejemplo, convenir con restaurantes o tiendas recolectar sus botellas post-consumo regularmente. Esto permitiría un flujo estable de materia prima reciclada permitirá planificar mejor la producción y eventualmente reducir costos de adquisición a mayor volumen, quizás logre mejores precios o donaciones de material. Además, se sugiere explorar la viabilidad de reciclar otros tipos de plástico para diversificar insumos, por ejemplo, PP o ABS de otros desechos, siempre y cuando la impresora 3D y extrusora lo permitan, ampliando así el impacto ambiental positivo.

- Una vez en marcha el modelo, es crucial establecer un periodo de seguimiento de 6 meses para evaluar sus impactos iniciales. De acuerdo con esto, se recomienda realizar un análisis comparativo semestral antes vs. después de la implementación, para verificar indicadores como la variación en costos unitarios, porcentaje de material reciclado empleado, utilidad neta, etc. En el caso de que los resultados sean favorables comunicarlos ampliamente en redes sociales, en un informe a las autoridades locales y en medios de comunicación si es posible. Esto reforzará la reputación de Lux Art 3D y validará públicamente el esfuerzo invertido en la contabilidad ambiental, atrayendo potencialmente nuevos clientes o apoyo. Y si algunos resultados no salen como se esperaban, el monitoreo permitirá ajustar tempranamente estrategias, por ejemplo, si el costo energético subió demasiado, investigar energías alternativas. La transparencia en esta etapa afianza la confianza en el modelo tanto internamente como con aliados externos.

Para mejorar el estudio y futuras investigaciones:

- Este estudio se centró en la experiencia puntual de Lux Art 3D en un periodo acotado, por lo que sería valioso ampliar el análisis a más ciclos productivos en el tiempo, para observar tendencias. Asimismo, incluir en investigaciones futuras otras empresas similares permitiría comparar resultados y robustecer la validez de las conclusiones, pues al identificar factores de éxito comunes o barreras en la adopción de contabilidad ambiental en microempresas se aportará al conocimiento general. Entonces, se recomienda replicar la metodología con adecuaciones en otros contextos para ayudar a perfeccionar el modelo propuesto.
- Si bien este trabajo cuantificó algunos aspectos, queda espacio para un análisis ambiental

más exhaustivo, por ejemplo, mediante una Evaluación de Ciclo de Vida (LCA) de los productos de Lux Art 3D. Esto permitiría poner números a impactos como huella de carbono, huella hídrica, toxicidad evitada, etc., por cada figura producida con plástico reciclado vs. virgen. Adicionalmente, esto enriquecería la contabilidad ambiental con datos científicos y podría incorporarse en los reportes de la empresa. Por otra parte, se sugiere a los futuros investigadores colaborar de forma interdisciplinar para lograr este nivel de análisis. Así, los hallazgos de dichas evaluaciones podrían traducirse en costos ambientales monetarios, por ejemplo, costo social del carbono evitado, complementando la información del modelo estratégico.

- Se recomienda realizar encuestas o grupos focales con clientes actuales y potenciales, indagando su disposición a pagar, su conocimiento sobre productos reciclados, etc. Esto no formó parte de los objetivos originales, pero sus resultados podrían retroalimentar el modelo estratégico, por ejemplo, en definir políticas de precio verde o en qué mensajes de marketing enfatizar. Además, desde una perspectiva académica, entender al consumidor sostenible local contribuye a la literatura de marketing verde y contabilidad de gestión orientada al cliente.
- A pesar de que este trabajo se enfocó en lo ambiental, la empresa genera también impactos sociales, por lo que es recomendable avanzar hacia un modelo de contabilidad triple resultado (Triple Bottom Line), donde se midan simultáneamente indicadores económicos, ambientales y sociales. Por otro lado, las futuras investigaciones podrían diseñar y probar sistemas de indicadores sociales para Lux Art 3D, por ejemplo, número de personas de la comunidad involucradas e ingresos adicionales generados para recicladores locales, y ver cómo incorporarlos en la toma de decisiones. Esto alinearía a la empresa con tendencias modernas de reportes integrados y RSE. Académicamente, construir un caso de contabilidad integral 3E (economy, environment, equity) en una microempresa sería innovador y útil para guías de mejores prácticas en PYMES.

Referencias Bibliográficas

- Agudelo, S. Y., y Ramírez, S. (2020). *La implementación de la contabilidad ambiental en las empresas industriales colombianas: caso Medellín* [Trabajo de grado, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria]. Repositorio TDEA. <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/1642/Contabilidad%20ambiental.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aguilar, M., y García, D. A. (2019). *Situación actual del uso de la contabilidad ambiental*. Memorias del Congreso de Contaduría, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM. <https://investigacion.fca.unam.mx/docs/memorias/2019/5.16.pdf>
- Aguirre, F., y García, D. A. (2019). *Situación actual del uso de la contabilidad ambiental*. Memorias del Congreso de Contaduría, UNAM. <https://repositorios.fca.unam.mx/investigacion/memorias/2019/5.16.pdf>
- Alcaldía de Popayán. (2024, 16 de mayo). *El reciclaje, una tarea pendiente para toda la comunidad payanesa*. Sala de Prensa, Alcaldía de Popayán. <https://www.popayan.gov.co/NuestraAlcaldia/SaladePrensa/Paginas/El-reciclaje,-una-tarea-pendiente-para-toda-la-comunidad-payanesa.aspx#gsc.tab=0>
- Almeida, M., y Díaz, C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible: Avances en Ecuador. *Estudios de la Gestión*, (8), 35–57. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.10>
- Arévalo, F. (2025, 10 de enero). *3D printing with recycled materials*. *Plastics Engineering*. <https://www.plasticsengineering.org/2025/01/3d-printing-with-recycled-materials-007113/>
- Atienza y Climent. (s. f.). ¿Qué es moldeo por inyección y soplado? *Atienza & Climent*. <https://atienzaycliment.com/novedades/que-es-moldeo-por-inyeccion-y-soplado/>
- Beltrán, N. A. (2021). Análisis de la contabilidad ambiental como herramienta de desarrollo sostenible en Colombia. *Reflexiones Contables UFPS*, 4(2), 59–72. <https://doi.org/10.22463/26655543.3591>
- Bernal, G., Larrotta, J. N., Fajardo, J. N., Linares, L. B., Jiménez, M. E., y Villalba, M. E. (2020). *Proyecto de emprendimiento social para la creación de una microempresa de reciclaje de residuos plásticos “RECI-PET”* [Diplomado de Profundización para Tecnologías Gestión

- del Marketing para el Emprendimiento Social, Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/35926/Jnlarrottar.pdf>
- Barrueto, M. T. y Marchena, O. B. (2024). Impacto de los costos estratégicos en la sostenibilidad empresarial de las PYMEs mediante una revisión bibliográfica. *Revista Científica en Ciencias Sociales*, 6, 1–11. <https://doi.org/10.53732/rccsociales/e601120>
- Brock, J. (2020, July 23). *Contaminación de plásticos a los océanos se triplicaría al 2040: estudio*. Reuters. <https://www.reuters.com/article/world/contaminacin-de-plsticos-a-los-ocanos-se-triplicara-al-2040-estudio-idUSKCN24O2TG/>
- Burritt, R. L., Schaltegger, S., y Christ, K. (2021, septiembre 15). *Poniendo el foco en la contabilidad de gestión ambiental*. International Federation of Accountants (IFAC). <https://www.ifac.org/knowledge-gateway/discussion/putting-focus-environmental-management-accounting>
- Caballero, A. (2023, 30 de octubre). *Huella ecológica: definición, cálculo y reducción*. Selectra. <https://climate.selectra.com/es/que-es/huella-ecologica>
- Cajiga, J. F. (s. f.). *El concepto de responsabilidad social empresarial* [Documento de trabajo]. Centro Mexicano para la Filantropía (Cemefi). <https://www.cemefi.org/centrodedocumentacion/1426.pdf>
- Camargo, J. A. (2024). Contabilidad ambiental: desafíos y oportunidades para empresas y sociedad en el cuidado del medio ambiente. *Revista de Investigación Académica sin Frontera*, 17(41). <https://doi.org/10.46589/riasf.vi41.686>
- Camargo, W. T., y Chacón, C. D. (2024). *Propuesta de un modelo de contabilidad ambiental para las MIPYMES del municipio de Gachancipá: Estudio de caso* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO]. Repositorio UNIMINUTO. <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/19856420-d3ac-4e72-b3e7-bcf18dedad0e/content>
- Carbal, A. E., García, M. D. & Álvarez, Y. (2020). Sistema de gestión ambiental para PYMES industriales. *Revista Espacios*, 41(24), 131–143. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n24/a20v41n24p11.pdf>
- Chamorro, C., & Herrera, K. (2021). Green accounting in Colombia: A case study of the mining

- sector. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6453–6465.
<https://doi.org/10.1007/s10668-020-00880-1>
- Chamorro Gonzalez, C., & Peña-Vinces, J. (2022). A framework for a green accounting system-exploratory study in a developing country context, Colombia. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 9517-9541. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02445-w>
- Climate Impact Partners. (2024, 11 de noviembre). *¿Qué es la elaboración de informes de sostenibilidad?* *News & Insights*. <https://www.climateimpact.com/news-insights/insights/sustainability-reporting/>
- Correal, M. C., Faleiro, C., Piamonte, C., Rihm, J. A., y Zambrano, M. (2023). *Sostenibilidad financiera de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe: Estructura de costos del servicio y estimación de los recursos financieros necesarios para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible* (Nota Técnica No. IDB-TN-2663). Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Sostenibilidad-financiera-de-la-gestion-de-residuos-solidos-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Dassault Systèmes. (s. f.). *Impresión 3D y materiales reciclados*. 3DEXPERIENCE Make. <https://www.3ds.com/es/make/solutions/blog/3d-printing-and-recycled-materials>
- Deb, B. C., Rahman, M. M., & Rahman, M. S. (2023). The impact of environmental management accounting on environmental and financial performance: Empirical evidence from Bangladesh. *Journal of Accounting & Organizational Change*, 19(3), 420–446. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jaoc-11-2021-0157/full/html>
- Endesa S.A. (2025, 13 de marzo). *Beneficios de la sostenibilidad en la imagen corporativa de las empresas*. Blog de Endesa. <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/empresas/beneficios-de-la-sostenibilidad-en-la-imagen-corporativa>
- Escobar, Y., y Motta, J. S. (2024). *Diseño ecológico 3D (ECO 3D)* [Artículo de revisión, producto de investigación, Título de Técnica Profesional en Procesos Gráficos]. Corporación Unificada Nacional de Educación Superior CUN, Regional Huila. <https://repositorio.cun.edu.co/bitstream/handle/cun/5603/EscobarYiby-2024-Dise%C3%B1oecol%C3%B3gico3D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Frohmann, A., Mulder, N., y Olmos, X. (Coords.). (2020). *Incentivos a la sostenibilidad en el comercio internacional* (Documentos de Proyectos LC/TS.2020/160). Comisión

- Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/0ed23847-aa5f-4aa3-856a-77327a368f23/content>
- Fundación para el Desarrollo y la Innovación. (2023, 21 de noviembre). *Economía circular y sostenibilidad: El papel de la impresión 3D en la reducción de residuos*.
<https://fdiformacion.com/el-papel-de-la-impresion-3d-en-la-sostenibilidad/>
- Gaibor, E. G., y Loja, A. V. (2024). *Desarrollo de sistema de extrusión de filamento a partir de botellas plásticas para el uso en impresión 3D* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28059/1/UPS-GT005479.pdf>
- González Franco, F. (2020). *Modelo de gestión logística para la movilización de material reciclable mediante una plataforma tecnológica en la ciudad de Manizales* [Trabajo de Especialización en Gestión de Proyectos de Diseño e Innovación, Universidad Católica de Pereira]. Repositorio Universidad Católica de Pereira.
<https://repositorio.ucp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ffdd0df5-a9a4-44ab-b0c8-4b8f0cf6ef58/content>
- Gutiérrez, J., McGarvey, RG, Costello, C. y Hall, DM (2023). Marcos de Apoyo a la Toma de Decisiones en la Gestión de Residuos Sólidos: Una Revisión Sistemática de la Toma de Decisiones Multicriterio con Indicadores Sociales y de Sostenibilidad. *Sustainability*, 15 (18), 13316. <https://doi.org/10.3390/su151813316>
- Hossain, M. Z., & Hasan, L. (2024). Sustainable cost management and green business: The role of managerial accounting innovations. *European Modern Studies Journal*, 8(4), 464–484. [https://doi.org/10.59573/emsj.8\(4\).2024.24](https://doi.org/10.59573/emsj.8(4).2024.24)
- Huy, P. Q. & Phuc, V. K. (2024). *Insight into how Environmental Management Accounting Practices and Complexity of Green Innovation Management pave the way toward Strategic Resilience*. *Journal of the Knowledge Economy*.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s13132-024-02461-3>
- Ibrahim, I., Ashour, A. G., Zeiada, W., Salem, N., & Abdallah, M. (2024). A systematic review on the technical performance and sustainability of 3D printing filaments using recycled plastic. *Sustainability*, 16(18), 8247. <https://doi.org/10.3390/su16188247>
- Ingemarsdotter, E. (2022, 2 de septiembre). *A guide to life cycle costing*. PRé Sustainability.

- <https://pre-sustainability.com/articles/life-cycle-costing-in-more-detail/>
- International Energy Agency (IEA). (s.f.). *Solar PV*. IEA. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv>
- International Organization for Standardization (ISO). (2015). *ISO 14001:2015 Environmental management systems – Requirements with guidance for use* [PDF]. <https://nueva-iso-14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf>
- Kaplan, R. S., & Anderson, S. R. (2003). *Time-Driven Activity-Based Costing*. Harvard Business School. Social Science Research Network. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=485443
- KPMG en Venezuela. (2023). *Informe de sostenibilidad* (Edición 2023) [Informe en PDF]. KPMG. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ve/pdf/2024/11/Informe-de-Sostenibilidad-2023-web.pdf>
- Javed, F., Yusheng, K., Iqbal, N., Fareed, Z., & Shahzad, F. (2022). A systematic review of barriers in adoption of environmental management accounting in Chinese SMEs for sustainable performance. *Frontiers in Public Health*, *10*, Article 832711. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.832711>
- Laguna, C. C., Sánchez, A., y Laguna, J. A. (2021). Procedimiento para la contabilización de costos medioambientales en las empresas que realizan inversiones en el sector de la construcción. *Cuadernos de Contabilidad*, *22*, 1–22. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc22.pccm>
- Lodha, S., Song, B., Park, S.-I., Choi, H.-J., Lee, S. W., Park, H. W., & Choi, S.-K. (2023). Sustainable 3D printing with recycled materials: a review. *Journal of Mechanical Science and Technology*, *37*, 5481–5507. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12206-023-1001-9>
- Mansour, N. K., Callera, A., Potere, F., Micalizzi, S., Costantino, M. L., De Gaetano, F., & Oliva, P. (2025). Circular economy and 3D printing in the healthcare sector. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *13*, 1548550. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2025.1548550>
- Melguizo, J. J. (2024). *Contabilidad ambiental y cumplimiento normativo: Estrategias para PYMES sostenibles en Medellín* [Trabajo de grado, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas]. Repositorio TDEA. <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/6781/Trabajo%20de%20Grado.pdf?>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente). (2021, 13 de octubre). *Manual de*

- políticas contables: Proceso Gestión Financiera* (M-A-GFI-01, Versión 03) [Manual]. MADSIG Sistema Integrado de Gestión. https://madsigestion.minambiente.gov.co/files/mod_documentos/documentos/M-A-GFI-01/versiones/Manual%20de%20politicass%20contables.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente). (2022, 19 de julio). *Lineamientos Agua Lluvia* [Documento de orientación]. https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico__trashed/agua-lluvia/
- Mera, I. S., y Andrade, R. P. (2024). Contabilidad de Costos en la era de la producción sostenible en el sector industrial alimenticio [Cost Accounting in the era of sustainable production in the industrial food sector]. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas*, 4(especial), 86–98. <https://doi.org/10.62574/rmpi.v4iespecial.173>
- Mondal, M. S. A., Akter, N., & Ibrahim, A. M. (2024). Nexus of environmental accounting, sustainable production and financial performance: An integrated analysis using PLS-SEM, fsQCA, and NCA. *Environmental Challenges*, 15, 100878. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100878>
- Morlanes, J. L. (2020, noviembre). *Optimización de los procesos de impresión 3D* [Trabajo de fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica, Universidad de Valladolid]. UVaDoc. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/44662/TFG-I-1684.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Naranjo, L. M., y Correa, C. (2020). *Contabilidad ambiental y su impacto en la industria colombiana* [Trabajo de grado, Universidad de San Buenaventura]. Biblioteca Digital USB. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/983f8961-d497-426d-bea3-4d3ddd99c966/content>
- Naranjo, C. C., y Valencia, B. (2022). *Sistemas de gestión ambiental, normatividad aplicada a las empresas en Colombia* [Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/52062/ccnaranjog.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2023). *Turning off the tap: How the world can end plastic pollution and create a circular economy*. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/turning-tap>
- Recycling Today. (2025). *Cómo la impresión 3D utiliza plástico reciclado*. Reciclaje Hoy.

- <https://www.recyclingtoday.org/es/blogs/news/how-3d-printing-uses-recycled-plastic>
- Restrepo, M. (2021). *Diagnóstico de la implementación de prácticas e indicadores de sostenibilidad ambiental en pymes del sector manufacturero de Colombia y el Valle del Cauca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42572/mrestrepov.pdf?sequence=3>
- Rosales, J. (2022, 18 de octubre). *Los 10 tipos de mantenimiento que debes conocer*. Fractal Blog.
<https://www.fractal.com/es/blog/tipos-de-mantenimiento>
- Ruiz, L. E., Pinho, A. C., & Resende, D. N. (2022). 3D Printing as a Disruptive Technology for the Circular Economy of Plastic Components of End-of-Life Vehicles: A Systematic Review. *Sustainability*, 14(20), 13256. <https://doi.org/10.3390/su142013256>
- Samani, N. (s.f.). *Costos generales: definición, tipos, ejemplos y guía de cálculo*. Deskera Blog.
<https://www.deskera.com/blog/overheads/>
- Sánchez, J. (Coord.). (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL (LC/PUB.2019/18-P)*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e43ad745-6b7d-48e4-a016-b753fdd3b659/content>
- Sánchez, E. (2025, enero). *Ficha de indicador: Capacitación ambiental*. Centro Mexicano para la Filantropía (Cemefi). <https://www.cemefi.org/wp-content/uploads/2025/01/Ficha-capacitacion-ambiental.pdf>
- Sánchez, D. F., Landázuri, M. B., Ramírez, S. L., y Acosta, M. M. (2024). Desarrollo sostenible y contabilidad: integrando la contabilidad ambiental en prácticas empresariales. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(2), 157–177.
<https://economicsocialresearch.com/index.php/home/article/view/105>
- Saavedra I. Y., y Uribe, K. J. (2024). *Bases para incorporar información contable ambiental en empresas de reciclaje de la ciudad de Piedecuesta: caso de empresa Recicla y Más* [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio USTA.
<https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/8931e2ef-9ccf-4818-a824-15e38062d6e1/content>
- Soluciones Sicnova SL. (2024, 12 de agosto). *Cómo la impresión 3D contribuye a la reducción de*

- residuos en la fabricación*. Sicnova 3D. <https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/como-la-impresion-3d-contribuye-a-la-reduccion-de-residuos-en-la-fabricacion/>
- Suárez, M. C. (2024, November 30). *Pymes colombianas tienen rezago en acciones de sostenibilidad: la radiografía*. Bloomberg Línea. <https://www.bloomberglinea.com/latinoamerica/colombia/pymes-colombianas-tienen-rezago-en-acciones-de-sostenibilidad-la-radiografia/>
- Susanto, A. & Meiryani, M. (2019). Antecedents of Environmental Management Accounting and Environmental Performance: Evidence from Indonesian Small and Medium Enterprises. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(6), 401–407. <https://ideas.repec.org/a/eco/journ2/2019-06-48.html>
- Tyflopoulos, E., & Steinert, M. (2020). Topology and parametric optimization-based design processes for lightweight structures. *Applied Sciences*, 10(13), 4496. <https://doi.org/10.3390/app10134496>
- Treviño, M. J. (2021). *Los 7 KPI's de la sustentabilidad*. Acclaim Energy México. <https://acclaimenergy.com.mx/es/los-7-kpis-de-la-sustentabilidad/>
- Trujillo, D. (2023). *Avances de investigación sobre pasivos ambientales en Latinoamérica periodo 2019-2022* [Trabajo de grado, Universidad de Ibagué]. Repositorio Universidad de Ibagué. <https://repositorio.unibague.edu.co/server/api/core/bitstreams/a4721e50-02e6-4e02-8528-522be3f0eee2/content>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2025). *Plastic pollution*. <https://www.unep.org/plastic-pollution>
- Uribe, J., y Gómez, J. (2024, junio 20). *Percepción de valor e intención de compra de productos sostenibles en la industria manufacturera: caso Pienso en Verde* [Trabajo final de monografía, Institución Universitaria de Envigado]. <https://bibliotecadigital.iue.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12717/3322/1/7%20Y%208%20F-DO-0025%20JULIANA%20URIBE%20GONZALEZ%20Y%20JULIANA%20GOMEZ%20ACEVEDO.pdf>
- Van der Poll, H. M. (2022). The barriers and drivers of environmental management accounting practices' adoption in developed and developing countries for sustainable development. *Sustainable Development*, 30(5), 1222–1234. <https://doi.org/10.1002/sd.2312>

- Velandia, Á. Y. C. y Aparicio, P. A. (2022). Aportes de la contabilidad ambiental a la gestión sostenible empresarial en Colombia: una mirada desde las empresas industriales. *Apuntes Contables*, 30, 138–154.
<https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/contad/article/view/7912>
- World Wildlife Fund for Nature de Colombia (WWF Colombia). (2023, 12 de julio). *Un paso clave en la lucha contra la contaminación por plásticos de un solo uso en Colombia*. WWF Colombia.
<https://www.wwf.org.co/?389650/plasticos-de-un-solo-uso-prohibidos-Colombia>
- Worth, J. (2022, July 29). *How does 3D printing reduce waste?* Engineer's Toolbox – igus.
<https://toolbox.igus.com/3492/3d-printing-waste-reduction>
- Zhu, C., Li, T., Mohideen, M. M., Hu, P., Gupta, R., Ramakrishna, S., & Liu, Y. (2021). *Realization of Circular Economy of 3D Printed Plastics: A Review*. *Polymers*, 13(5), 744.
<https://doi.org/10.3390/polym13050744>

Anexos

Anexo 1

Ficha de entrevista y consentimiento

Campo	Contenido
Título del trabajo de grado	De lo tradicional a lo ambiental: Diseño de un modelo de gestión estratégica para la empresa Lux Art 3D
Objetivo de la entrevista	Este instrumento tiene como propósito recopilar información cualitativa relevante para analizar la transición de la empresa Lux Art 3D desde un enfoque contable tradicional hacia un modelo de contabilidad ambiental. La información obtenida permitirá conocer las percepciones, prácticas y retos enfrentados en áreas como estructura de costos, sostenibilidad, beneficios ecológicos, gestión estratégica y responsabilidad ambiental.
Introducción para el entrevistado	Muy cordial saludo. Mi nombre es [nombre del estudiante] , estudiante del programa de Contaduría Pública de la Fundación Universitaria de Popayán. Me encuentro desarrollando mi trabajo de grado, cuyo objetivo es diseñar un modelo de gestión estratégica basado en la contabilidad ambiental para la empresa Lux Art 3D. Para ello, necesito aplicar esta entrevista, que me permitirá comprender las prácticas contables y sostenibles actuales de la empresa, así como los beneficios, retos y percepciones asociados a su implementación. Le agradezco de antemano su disposición para participar en este proceso, y garantizo la confidencialidad de sus respuestas, las cuales serán utilizadas exclusivamente con fines académicos.
Autorización para uso de datos	Autorización del participante: Declaro que he sido informado(a) del propósito de esta entrevista, que participo de manera voluntaria y que autorizo el uso de la información recolectada para fines académicos, específicamente para el desarrollo del trabajo de grado antes mencionado. Entiendo que mis respuestas serán tratadas con confidencialidad y que puedo retirar mi participación en cualquier momento.
Nombre del entrevistado(a)	_____
Firma	_____
Fecha	//

Anexo 2

Datos a solicitar al entrevistado

Campo	Respuesta
Nombre completo	_____
Documento (opcional)	_____
Cargo / Rol en la empresa	_____
Área / Proceso	_____
Antigüedad en la empresa	_____
Teléfono	_____
Correo electrónico	_____
Preferencia de anonimato (Sí/No)	_____
Autorización de grabación de audio (Sí/No)	_____
Observaciones	_____

Anexo 3

Preguntas para la entrevista

Categoría	Subcategorías	Preguntas clave
Costos tradicionales	<ul style="list-style-type: none"> Materias primas vírgenes Mano de obra directa Costos de mantenimiento reactivo Gastos generales operativos 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo clasifica y registra actualmente los costos de materias primas, mano de obra y mantenimiento? ¿Cómo clasifica y registra usted los gastos generales operativos en su contabilidad, especialmente al incorporar los nuevos costos ambientales? (por ejemplo, servicios, arrendamientos, suministros, etc.), ¿Qué limitaciones contables y estratégicas enfrenta frente a los nuevos retos ambientales?
Costos ambientales	<ul style="list-style-type: none"> Recolección y transporte de reciclables Procesamiento de filamento reciclado Gestión y disposición de residuos 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es el procedimiento que sigue usted para contabilizar y reportar los costos de recolección y transporte de los materiales plásticos destinados al reciclaje (por ejemplo, tarifas pagadas a empresas recicladoras, viáticos o fletes asociados)? ¿Qué actividades específicas (clasificación, limpieza, extrusión) conforman el proceso de conversión de plásticos usados en filamento reciclado? ¿Cuál es el procedimiento que sigue para clasificar, almacenar temporalmente y, finalmente, disponer de los residuos plásticos no reutilizables?
Prácticas sostenibles	<ul style="list-style-type: none"> Uso de agua lluvia en limpieza Energías renovables (solar o eólica) Optimización de procesos de impresión Diseño de productos eco-eficientes 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué iniciativas de aprovechamiento de recursos se han implementado? (por ejemplo, agua lluvia o energías renovables). ¿Cómo se relacionan estas prácticas con la eficiencia productiva y el control de calidad en los procesos de impresión? ¿Cómo entiende la “ecoefficiencia” en sus procesos de diseño 3D y qué indicadores emplea para validar ese enfoque? (por ejemplo, porcentaje de material reciclado o gramos de plástico ahorrados).
Percepción de beneficios	<ul style="list-style-type: none"> Ahorro económico Reducción de la huella ambiental Mejora de la imagen corporativa Ventaja competitiva 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo percibe el ahorro económico derivado de prácticas sostenibles? ¿Qué indicadores utiliza para cuantificar la reducción de su huella ambiental derivada de las prácticas sostenibles? (por ejemplo, uso de filamento reciclado, ahorro de energía o disminución de residuos). ¿Ha recibido comentarios de clientes, proveedores o aliados estratégicos respecto a su compromiso ambiental? ¿Cómo ha impactado eso en la decisión de compra o en alianzas comerciales? ¿Considera que el uso de filamento reciclado y procesos ecoeficientes le ha permitido justificar un precio? ¿Considera que el uso de filamento reciclado y procesos ecoeficientes le ha permitido acceder a nuevos nichos de mercado o diferenciarse en licitaciones?
Gestión estratégica	<ul style="list-style-type: none"> Planificación integral ambiental Integración con ISO 	<ul style="list-style-type: none"> ¿En qué medida se integran objetivos ambientales en la planificación y en las reuniones de dirección? ¿Qué indicadores utiliza para evaluar el desempeño

	<p>14001</p> <ul style="list-style-type: none"> Definición y seguimiento de KPI ambientales Toma de decisiones basadas en datos 	<ul style="list-style-type: none"> ambiental? ¿Qué desafíos enfrenta la empresa para incorporar la sostenibilidad en sus decisiones estratégicas?
<p>Requerimientos contables</p>	<ul style="list-style-type: none"> Registro de costos ambientales Políticas contables para reportes sostenibles Informes de desempeño Procedimientos de auditoría 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué criterios de contabilidad ambiental emplea para reconocer y registrar los costos asociados a la gestión de residuos? ¿Qué criterios de contabilidad ambiental emplea para reconocer y registrar las inversiones en tecnología verde? ¿Cómo mide y reporta los gastos ambientales dentro de su sistema contable para garantizar transparencia y trazabilidad? (por ejemplo, procesamiento de filamento reciclado). ¿Qué estándares contables nacionales o internacionales se han considerado para reportes de sostenibilidad?
<p>Responsabilidad ambiental</p>	<ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento normativo Formación y sensibilización interna Relación con grupos de interés 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué procedimientos y prácticas ha implementado para asegurar que todas sus actividades de impresión 3D cumplan con la normativa ambiental vigente? ¿Qué programas de capacitación ha realizado para conocer sobre la importancia de reportar costos ambientales y promover prácticas de economía circular? ¿Qué mecanismos o canales de comunicación ha utilizado para involucrarse en los temas que afectan la sostenibilidad de la empresa?