

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Arte, Diseño y Comunicación Audiovisual

Diseño de accesorios de mobiliario ecológico a partir de micelio para espacios sostenibles y vanguardistas.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Nombre de la titulación

Licenciado en Diseño de Productos

Presentado por:

Diego Francisco Tapia Vera

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle primeramente a Dios, quien es el que me ha dado la fortaleza y sabiduría durante todo el proceso del proyecto.

Agradezco también el apoyo incondicional de mis padres en todo momento cuando lo necesité, sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

Agradezco a mis profesores y mentores que han formado parte de mi crecimiento como profesional durante toda mi trayectoria como estudiante universitario.

Y finalmente agradezco al equipo de investigadores del CIBE que fueron pilares fundamentales en este proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Diego Francisco Tapia Vera acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 5 de febrero del 2023.



Diego Francisco Tapia Vera

EVALUADORES

Jimmy Cañizares

Luis Rodríguez

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ABREVIATURAS	VIII
1 CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Definición del problema	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Justificación del proyecto	3
1.4 Grupo objetivo / beneficiarios	4
1.4.1 Diseñadores y fabricantes de mobiliario	4
1.4.2 Jóvenes Adultos	5
2 CAPITULO 2: MARCO REFERENCIAL.....	6
2.1 Investigación teórica	6
2.2 El micelio como biomaterial.....	6
2.3 Uso de micelio en la industria del mobiliario	7
2.4 Técnicas de cultivo de micelio.....	10

2.5	Marco regulatorio sobre el uso de micelio.....	12
2.6	Metodología de diseño de Bruno Munari	14
3	CAPITULO 3: METODOLOGIA DE DISEÑO	16
3.1	Metodología de diseño de Bruno Munari	16
3.2	Idea.....	17
3.2.1	Mobiliario ecológico y su aplicación en el Diseño de Interiores y mobiliario	17
3.2.2	Consideraciones físicas y biológicas del micelio	18
3.2.3	Muebles biodegradables de Terreform One.....	19
3.2.4	Compuestos densos ligados a micelio - DMC.....	19
3.2.5	Proyectos análogos de The Growing Lab.....	21
3.2.6	Accesorios para mobiliario	24
3.2.7	Luces hada	25
3.2.8	Innovación con el micelio.....	26
3.3	Elementos del problema.....	26
3.3.1	Optimizando la manipulación de accesorios: enfoque en productos no tan manipulables.....	26
3.3.2	Sustrato seleccionado: micelio sobre sustrato de aserrín	27
3.3.3	Consideraciones técnicas	27
3.4	Recopilación de Datos	28

Propiedades del sustrato	28
3.5 Análisis de los datos	29
3.5.1 Estilos y ambientes para la línea de productos	29
3.5.2 Selección de productos para diseños	30
3.5.3 Líneas de productos	31
3.5.4 Criterios de diseño	31
3.6 Creatividad	32
3.6.1 Ideación	32
3.6.2 Lluvia de ideas	32
3.6.3 Bocetos	33
3.7 Materiales y tecnología	36
3.7.1 Composite de micelio	36
3.7.2 Sustrato de aserrín	37
3.7.3 Iluminación	38
3.7.4 Materiales para el molde	38
3.8 Experimentación	39
3.8.1 Pruebas de crecimiento en cartón	39
3.8.2 Diseño de moldes para experimentación	41
3.8.3 Pruebas a condiciones extremas a las luces hada	42
4 CAPITULO 4: DESARROLLO DE PROYECTO	44

4.1	Análisis de resultados	44
4.1.1	Modelos	44
4.1.2	Prototipo escala 1:1.5	52
4.1.3	Verificación.....	53
4.2	Aspectos conceptuales	55
4.2.1	Innovación y sostenibilidad.....	55
4.2.2	Originalidad en el diseño de iluminación	56
4.2.3	Concepto de las líneas de productos.....	56
4.3	Aspectos técnicos.....	56
4.3.1	Planos	56
4.3.2	Proceso de manufactura.....	61
4.4	Aspectos estéticos	63
4.4.1	Forma:.....	63
4.4.2	Color	64
4.4.3	Renders	64
4.5	Presupuesto	67
4.6	Aspectos comunicacionales:.....	68
4.6.1	Nombre del producto.....	68
4.6.2	Tipografía	69
4.6.3	Promoción.....	70

5	CONCLUSIONES.....	71
6	BIBLIOGRAFÍA.....	73
7	ANEXOS	77
7.1	Figuras	77
7.2	Resultados de la encuesta.....	80

RESUMEN

El uso indiscriminado de recursos no renovables por la industria del mobiliario está experimentando un creciente impacto ambiental. La explotación de materia prima no renovable, como la tala de árboles desmedida y el incremento en el uso de metales y plásticos, está generando una acumulación de desechos sólidos que son difíciles de degradar, afectando al medio ambiente, a comunidades y a la economía del mundo entero.

En respuesta a esto, se presenta el siguiente proyecto que tiene un enfoque en la utilización del composite de micelio como alternativa de material sostenible para el diseño y fabricación de accesorios para el hogar. Las ventajas del micelio junto con un sustrato especial son: su resistencia, durabilidad, impermeabilidad, aislamiento acústico, aislamiento térmico y su impacto ambiental positivo.

La metodología de Bruno Munari se aplica en este proyecto para llevar a cabo el proceso creativo y de diseño. Munari defendía que el diseño tenga un enfoque experimental y multidisciplinario, buscando soluciones simples y funcionales. En este proyecto ha permitido una exploración creativa y un diseño centrado en la eficiencia y la sostenibilidad. Como resultado del proyecto, se logró la elaboración de un molde para la fabricación de un producto a escala, validando su viabilidad y la aplicación del composite de micelio como material principal.

Palabras clave: industria del mobiliario, recursos no renovables, impacto ambiental, composite de micelio, metodología de Bruno Munari, sostenibilidad.

ABSTRACT

The indiscriminate use of non-renewable resources by the furniture industry is experiencing a growing environmental impact. The exploitation of non-renewable raw materials, such as excessive logging and increased use of metals and plastics, is generating a build-up of solid waste that is difficult to degrade, affecting the environment, communities, and the economy worldwide.

In response to this, the following project is presented that has a focus on the use of mycelium composite as a sustainable alternative material for the design and manufacture of household accessories. The advantages of mycelium along with a special substrate are its strength, durability, waterproofness, acoustic insulation, thermal insulation and its positive environmental impact.

Bruno Munari's methodology has been integrated into this project to guide the creative and design process. Munari advocated an experimental and multidisciplinary approach, seeking simple and functional solutions. The application of its methodology in this project has enabled creative exploration and a design focused on efficiency and sustainability. As a result of the project, a mold was developed for the manufacture of a product at scale, validating its feasibility and the application of mycelium composite as the main material.

Key words: furniture industry, non-renewable resources, environmental impact, mycelium composite, Bruno Munari methodology, sustainability.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Paneles acústicos de la empresa MOGU.	9
Figura 2.2: Fotografía que muestra las hifas del micelio.	11
Figura 2.3: Gráfica de las etapas de la metodología de diseño de Bruno Munari.....	15
Figura 3.1: Fotografía de lámparas elaboradas con composite de micelio.	18
Figura 3.2: Fotografía de muebles fabricados con composite de micelio.....	19
Figura 3.3: DMC fabricado por investigadores del Laboratorio de Ciudades del Futuro...	20
Figura 3.4: Silla de micelio fabricada por The Growing Lab.	22
Figura 3.5: Producto fabricado por The Growing Lab.....	22
Figura 3.6: Lámparas colgantes fabricadas por The Growing Lab.	23
Figura 3.7: Macetero a base de composite de micelio fabricado por The Growing Lab. ...	24
Figura 3.8: Fotografía de una sala ambientada con luces hada.	25
Figura 3.9: Representación gráfica de la textura de los productos a base de composite de micelio.	26
Figura 3.10: Moodboard - Comedor de hogar sostenible.....	32
Figura 3.11: Representación gráfica de una lluvia de ideas.	33
Figura 3.12: Boceto inicial 1 en el que se idea una lampara colgante y un accesorio.	34
Figura 3.13: Boceto inicial 2 en el que se idea una lámpara colgante y un centro de mesa.	34
Figura 3.14: Boceto inicial 3 en el que se idea una lámpara colgante, un centro de mesa y un accesorio.	35
Figura 3.15: Boceto inicial 4 en el que se idea una lámpara colgante, un centro de mesa y una lámpara de mesa.....	36

Figura 3.16: Fotografía de un rollo de filamento PLA para impresión 3D.	39
Figura 3.17: Fundas de celofán con composite de micelio con sustrato de cascarilla de arroz.	40
Figura 3.18: Experimentación del crecimiento de micelio en cartón.	40
Figura 3.19: Piezas de molde de experimentación elaboradas en MDF para representación física.	41
Figura 3.20: Molde para experimentación de crecimiento del micelio en MDF.	41
Figura 3.21: Pruebas a luces hada en horno.	42
Figura 3.22: Validación de funcionamiento después de las pruebas a las luces hada.	43
Figura 4.1: Representación gráfica del molde 1:1.5 en modelado 3D.	45
Figura 4.2: Fotografía de las piezas del molde físico.	45
Figura 4.3: Fotografía en perspectiva del molde físico con pernos.	46
Figura 4.4: Modelado 3D avanzado de la lámpara colgante 1.	47
Figura 4.5: Modelado 3D avanzado del centro de mesa 1.	47
Figura 4.6: Modelado 3D avanzado de la lámpara de mesa 1.	48
Figura 4.7: Modelado 3D avanzado de la lámpara colgante 2.	49
Figura 4.8: Modelado 3D avanzado del centro de mesa 2.	50
Figura 4.9: Modelado 3D avanzado de la lámpara de mesa 2.	50
Figura 4.10: Modelado 3D avanzado de la lámpara colgante 3.	51
Figura 4.11: Modelado 3D avanzado del centro de mesa 3.	52
Figura 4.12: Modelado 3D avanzado de la lámpara de mesa 3.	52
Figura 4.13: Fotografía del prototipo avanzado en proceso de desarrollo.	53
Figura 4.14: Modificación de agujeros a la pieza superior del molde físico.	54

Figura 4.15: Vista a detalle de la modificación de agujeros a la pieza superior del molde físico.	55
Figura 4.16: Plano lámpara colgante 1.....	57
Figura 4.17: Plano centro de mesa 1.	57
Figura 4.18: Plano lampar de mesa 1.	58
Figura 4.19: Plano lámpara colgante 2.....	58
Figura 4.20: Plano centro de mesa 2.	59
Figura 4.21: Plano lámpara de mesa 2.	59
Figura 4.22: Plano lámpara colgante 3.....	60
Figura 4.23: Plano lampara de mesa 3.	60
Figura 4.24: Plano centro de mesa 3.	61
Figura 4.25: Fotografía de impresora 3D en ejecución.....	62
Figura 4.26: Fotografía de la pieza inferior del molde con las luces hada acomodadas.	62
Figura 4.27: Fotografía compactando el composite de micelio con sustrato de aserrín en el molde.	63
Figura 4.28: Render avanzado - Línea de productos 1.....	65
Figura 4.29: Render avanzado - Línea de productos 2.....	65
Figura 4.30: Render avanzado - Línea de productos 3.....	66
Figura 4.31: Logo de la marca de las líneas de productos.	69
Figura 4.32: Tipografía usada para el logo de la marca.	69
Figura 4.33: Poster para captación de clientes.	70
Figura 7.1: Representación gráfica de la parte inferior del molde 1:1.5 en modelado 3D. 77	
Figura 7.2: Representación gráfica de la parte superior del molde 1:1.5 en modelado 3D.77	

Figura 7.3: Fotografía en vista superior del molde físico con pernos.	78
Figura 7.4: Fotografía en vista inferior del molde físico con pernos.	78
Figura 7.5: Fotografía en vista lateral del molde físico con pernos.	79
Figura 7.6: Fotografía en vista frontal del molde físico con pernos.	79
Figura 7.7: Pregunta 1 de la encuesta realizada a diseñadores.....	80
Figura 7.8: Pregunta 2 de la encuesta realizada a diseñadores.....	80
Figura 7.9: Pregunta 3 de la encuesta realizada a diseñadores.....	81
Figura 7.10: Pregunta 4 de la encuesta realizada a diseñadores.....	81
Figura 7.11: Pregunta 5 de la encuesta realizada a diseñadores.....	82
Figura 7.12: Pregunta 6 de la encuesta realizada a diseñadores.....	82
Figura 7.13: Pregunta 7 de la encuesta realizada a diseñadores.....	83
Figura 7.14: Pregunta 8 de la encuesta realizada a diseñadores.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Propiedades del tipo de sustrato.	29
Tabla 4.1: Estimación de producción del composite de micelio	67
Tabla 4.2: Estimación de costo de producción de prototipo a escala 1:1.5	67
Tabla 4.3: Estimación de costo de fabricación del molde a escala 1:1.5.....	68
Tabla 4.4: Presupuesto estimado de fabricación del prototipo a escala 1:1.5; sin estimar producción a gran escala.....	68

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CIBE	Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador
CAD	Diseño asistido por computadora
LED	Light-emitting diode
MDF	Medium Density Fibreboard
PLA	Ácido poliláctico
3D	Three-dimensional
IKEA	Ingvar Kamprad Elmtaryd Agunnaryd
FDA	Food and Drug Administration
GRAS	Generally recognized as safe
EE.UU	Estados Unidos
EPA	Agencia de Protección Ambiental
FIFRA	Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas
ISO	International Organization for Standardization
ASTM	American Society for Testing and Materials
ETH	Escuela Politécnica Federal de Zúrich
NTU	Universidad de Tecnología de Nanyang en Singapur
SUTD	Universidad de tecnología y el diseño de Singapur
NUS	Universidad Nacional de Singapur
DMC	Dense Mycelium-Based Composites

CAPÍTULO 1

1 CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del problema

Como se conoce en la industria del mobiliario, el uso de recursos no renovables es habitual y esto, por consiguiente, genera grandes volúmenes de desechos con un impacto ambiental importante. Esta problemática no afecta únicamente a las industrias o a las empresas, sino que también está inmersa en un considerable sector productivo de mobiliario a nivel internacional. Por ello, es necesario tomar acciones y emplear prácticas ecológicas sostenibles, de la mano de las necesidades y demandas de consumo actual de la sociedad, promoviendo el cuidado ambiental responsable.

El problema de la industria del mobiliario va más allá de una simple tendencia, es una crisis ambiental que crece según pasan los días y demanda que se empiece con una transformación significativa. Por esta razón, es menester señalar que el uso excesivo de materia prima no renovable es el centro de atención dentro de esta problemática, ya que ha sido desde siempre una mal llevada y marcada costumbre la tala de árboles que ha provocado grandes extensiones de deforestación en el mundo, causando la dificultad del planeta en la absorción del carbono generado en grandes cantidades a diario por los humanos, así como también, el incremento del uso de plásticos y metales en la elaboración de productos de uso cotidiano, constituyen otra problemática que se incrementa día a día provocando gran acumulación de desechos sólidos de difícil degradación.

Este inconveniente también repercute en el sistema social y económico del mundo entero, siendo los principales afectados, las comunidades rurales y locales de un país, que necesitan de los recursos naturales de su entorno para sobrevivir, y en ocasiones se desplazan a otros sectores

por el agotamiento de sus recursos naturales, que son como un tesoro no solo para ellos, sino para toda la humanidad. Además, es importante resaltar que la economía de estos sectores también se vulnerada por las afectaciones que sufren los precios de estos recursos, siendo la industria del mobiliario uno de los principales causantes. Pues, la adquisición de muebles rápidos puede parecer una buena y más barata opción, sin embargo, producen muchos residuos sólidos para el planeta cuando termina su vida útil.

Por lo expuesto, se ha generado la propuesta de este proyecto porque el micelio es un poderoso organismo que como materia prima es resistente, gasta poca agua, tiene mejor calidad y es más durable, convirtiéndose en una alternativa orgánica para diseñadores, arquitectos, constructores que puedan emplear otras prácticas más amigables con el medio ambiente, usando materia prima tendiente a recuperar lo que aún queda de nuestro planeta (Sosa, 2021).

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo general*

Diseñar elementos decorativos para mobiliario del hogar a partir del composite de micelio como una opción sostenible para diseñadores y jóvenes adultos.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Proponer diseños en modelados 3D de lámparas colgantes, centros de mesa y accesorios complementarios.
- Fabricar un molde físico para el crecimiento del composite de micelio, con base en los diseños propuestos.
- Probar el crecimiento del micelio con sustrato de aserrín en el molde.

1.3 Justificación del proyecto

El desarrollo de la presente investigación se ha enfocado en diseñar accesorios para el hogar a partir del uso de biomateriales como el micelio, logrando así descartar el uso indiscriminado de los recursos no renovables por los profesionales de diversos ámbitos de la construcción, procurando así crear e innovar de una manera sostenible para el planeta que se encuentra en riesgo.

El actual método de fabricación de muebles y accesorios para mobiliario al que se hace referencia es considerado una de las huellas de carbono más significativas en el mundo, reduciendo efectos para muchos problemas tanto para el medio ambiente, como para la sociedad.

En la industria del mobiliario existen muchos métodos de fabricación y en ellos se hace uso de una amplia variedad de materiales, que necesitan procesos especiales y en ocasiones que generan una huella de carbono considerable. La implementación de un nuevo método de fabricación en la industria del mobiliario y accesorios para el hogar puede ser posible llevarla a cabo, siendo el uso de biomateriales como el composite de micelio que es uno de los materiales futuristas que promete erradicar con la explotación de recursos no renovables y acabar de raíz con la generación de huella de carbono.

Los biomateriales como el composite de micelio, al estar en una etapa experimental en desarrollo, no significa que no se pueda empezar a implementar en la industria del mobiliario, pues con el poco conocimiento que se tiene de este material y teniendo muchos resultados positivos, ya es posible concluir que es uno de los materiales más sorprendentes que se han descubierto hasta la actualidad y promete cumplir con las necesidades que otros materiales no biodegradables resuelven.

El uso de composite de micelio para la fabricación de accesorios de mobiliario se justifica por varias razones: tiene menos impacto ambiental porque es un material 100% biodegradable, al crear productos a base de este material se genera menos emisiones de CO2 y contaminantes que los productos a base de materiales tradicionales. El composite de micelio permite crear accesorios con nuevas propiedades físicas y estéticas únicas. Representa una innovación en el diseño y la manufactura. Ya que proviene de un organismo vivo, el micelio se integra fácilmente en los ciclos naturales al final de su vida útil. Promoviendo los principios de las 3 R, reducir, reutilizar y reciclar. Uno de los puntos que más puede llamar la atención a aquellos que se encuentran inmersos en el mundo del mobiliario y que pueden beneficiarse de esto, es el costo por producción; la producción eficiente con micelio tiene costos competitivos comparados con materiales convencionales. Por último, pero no menos importante; la versatilidad que tiene el micelio es impresionante, este biomaterial puede ser modificado y moldeado en diferentes formas para cumplir requerimientos de diseño y funcionalidad, ajustándose perfectamente a las diversas necesidades que se pueden encontrar en los usuarios potenciales de la industria del mobiliario (Droppelmann, 2022).

1.4 Grupo objetivo / beneficiarios

1.4.1 Diseñadores y fabricantes de mobiliario

Estos profesionales son aquellos que más están entusiasmados por incorporar prácticas más sostenibles en sus procesos de producción, pues los beneficia de muchas maneras, el costo de producción es bajo lo que los ayuda económicamente, y por otro lado, implementar prácticas más sostenibles los ayuda a resaltar ante la competencia. Los productos que se plantearán en el presente documento no sólo son una alternativa innovadora en la implementación de este biomaterial, sino también presenta la oportunidad de ser líder en el mercado con una visión más

consciente con el medio ambiente en la creación de accesorios para mobiliario y el mundo del mobiliario como tal.

1.4.2 Jóvenes Adultos

También existen aquellos que se encuentran en la etapa de la independización y les resulta la necesidad de adquirir productos que vayan más allá de lo convencional; estamos hablando de los jóvenes adultos que su interés por estos productos radica en la compaginación entre lo moderno, sostenible y unicidad que solo pueden ofrecer productos como los que se plantearán en este proyecto. Este público es uno de los más exigentes del mercado y valoran el hecho de que el producto sea original, funcional y sobre todo que represente la responsabilidad ambiental, y además tratan de encontrar productos que les entreguen estética y valor para sus nuevos hogares.

CAPÍTULO 2

2 CAPITULO 2: MARCO REFERENCIAL

2.1 Investigación teórica

Esta investigación conlleva un estudio de cómo los biomateriales aproximan a la sociedad y a los profesionales de áreas artísticas a ser parte de una solución sostenible en la elaboración de productos de consumo, sin dejar tanta huella sobre la tierra que tarda siglos en desintegrarse.

El micelio es uno de los biomateriales que actualmente se está convirtiendo en un recurso sostenible y de gran versatilidad, al que se le puede dar una gran variedad de aplicaciones en muchos productos y artículos de decoración, ya que está siendo usado por un pequeño grupo de diseñadores de muebles y decoraciones artísticas, gracias a la facilidad que han encontrado para su cultivo, producción y bajo costo (Hyde et al., 2019).

La biotecnología está provocando un giro de transición como un nuevo renacimiento que va de los productos que se hacen a partir del petróleo a los que se producen de recursos biológicos, siendo respetuosos con el medio ambiente como el micelio que se utiliza para la construcción, para el mobiliario, el transporte y el embalaje (Haneef et al., 2017).

2.2 El micelio como biomaterial

El micelio de hongos es un conjunto de filamentos o hifas que se conectan entre sí y que sirven para llevar alimento al hongo, absorbe los alimentos de manera osmótica penetrando en el sustrato y segregando una enzima que descompone la materia para asimilar los nutrientes. Este sustrato suele ser aserrín de madera, paja, cartón, compost, restos de café, arroz, gel de agar, etc. (Boullosa, 2010).

Los micelios contribuyen al sustento orgánico de los suelos y actúan de manera interconectada en su crecimiento, incrementan también la eficiencia de muchas plantas, sirven de

fuente alimentaria a varios invertebrados. Tienen el potencial de descomponer las moléculas orgánicas del petróleo y pesticidas, eliminándolos del suelo(Boullosa, 2010).

Recientes investigaciones advierten que una nueva clase de biomateriales podrían pronto suplantar a los plásticos, textiles y otros materiales derivados del petróleo, que los micelios representan esa gran solución para la corta presencia de los recursos no renovables y que actualmente se están centrando en la elaboración de muebles y productos de interior (Karro & Leet, 2022).

En conclusión, la investigación teórica demuestra que hay un creciente interés en el micelio dadas sus múltiples propiedades y la gradual necesidad de usar materiales más sostenibles. Así también, su potencial para reemplazar productos derivados de la madera, plástico y cuero es especialmente prometedor en la industria del mobiliario y decoración (Fuentes & Monereo, 2020).

2.3 Uso de micelio en la industria del mobiliario

En los actuales momentos la industria del mobiliario está ganando mucha popularidad con el uso de materiales con micelio, aquellos que son hechos con las hifas o filamentos de los hongos, los mismos que tienen una gran facilidad y capacidad para crear diseños únicos y novedosos; además, son de carácter sostenible porque reducen en gran manera el impacto ambiental ocasionado por otros materiales (Ecovative, 2021).

El micelio, que es la parte vegetativa de los hongos, se ha empezado a utilizar como un material alternativo para la fabricación de muebles y accesorios por su rápido crecimiento, bajo costo, versatilidad y sostenibilidad, convirtiéndolo en una opción prometedora para reemplazar componentes tradicionales de la madera, plásticos, metales, entre otros.

Ahora, una de las primeras empresas en usar el micelio y potenciarlo en sus creaciones fue Ecovative, fundada en 2007 en Estados Unidos. Esta empresa emergente desarrolló una técnica patentada para cultivar micelio sobre residuos agrícolas y moldearlos en formas útiles, creando un material rígido, durable y 100% compostable denominado Mycofoam. A partir de este innovador material, Ecovative ha producido empaques, embalajes, componentes decorativos y piezas estructurales para muebles que actualmente suministra a reconocidas marcas como IKEA y Dell (Ecovative, 2021).

Otra empresa que ha destacado notablemente en el empleo de este material es MycoWorks, de San Francisco, porque logró crear un material similar al cuero, mediante el cultivo controlado de micelio sobre un medio de algodón orgánico. Este cuero de micelio denominado Reishi, posee una textura suave, altamente resistente y se biodegrada por completo. MycoWorks se asoció en 2021 con la firma de moda Hermés para producir dos lujosos bolsos elaborados con este revolucionario material (Alonso, 2021).

En cuanto a muebles y accesorios, la empresa canadiense Mogu se especializa en la fabricación de paneles acústicos, paneles de pared, como se muestra en la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#), y otros productos utilizando micelio como principal materia prima. Sus diseños buscan resaltar la belleza natural y cualidades únicas de este organismo vivo, ofreciendo al mismo tiempo una alternativa ecológica y saludable, que reemplace a la madera y a los plásticos (Mogu, 2022).

Figura 2.1: *Paneles acústicos de la empresa MOGU.*



Nota. Adaptado de (MOGU, 2024).

Otros fabricantes artesanales como The Living y Studio Nathalie Dewez también han incorporado paneles y estructuras de micelio en sus diseños de mobiliario vanguardista. En general, el micelio permite lograr piezas más livianas, con mejor aislamiento acústico y térmico, siendo altamente personalizable en su forma, textura y color. Además, al ser compostable reduce en gran medida los residuos asociados a la producción y el fin de vida útil del mobiliario (Helmer, 2011).

A pesar de estas ventajas, la adopción masiva del micelio en la fabricación de muebles enfrenta algunos desafíos. Al tratarse de un organismo vivo, requiere condiciones controladas de humedad y temperatura para su óptimo crecimiento y desarrollo, aumentando la complejidad logística. Así mismo, su escalabilidad a nivel industrial sigue siendo limitada con la mayoría de las aplicaciones concentradas en piezas pequeñas o producción bajo demanda. El desarrollo de nuevas técnicas de cultivo, materiales compuestos y mayor automatización probablemente expandirá las capacidades de producción en un futuro cercano.

De manera concluyente se puede decir que el micelio representa una alternativa prometedora y ecológica en comparación a los materiales tradicionales para la fabricación de mobiliario y accesorios decorativos. Marcas innovadoras ya lo han incorporado en diseños vanguardistas, aprovechando sus cualidades únicas. Si bien quedan desafíos por resolver, el potencial de este material biodegradable para transformar la industria del mueble hacia un modelo más sostenible es innegable.

2.4 Técnicas de cultivo de micelio

El cultivo controlado de micelio es esencial para aprovechar todas las propiedades de este organismo vivo y convertirlo en un material útil en aplicaciones de diseño y fabricación. Existen diversas técnicas que han surgido en los últimos años para optimizar el crecimiento del micelio y obtener bio-compuestos con las características físicas y mecánicas deseadas.

Un parámetro clave es la selección de la especie y cepa fúngica, ya que cada una presenta distintas velocidades de crecimiento, morfologías y resistencia. Especies como *Ganoderma lucidum* y *Trametes versicolor* son frecuentemente utilizadas en aplicaciones de composite debido a la robustez de su naturaleza. Después, la cepa seleccionada debe cultivarse en un medio nutritivo en condiciones estériles para generar el inóculo que corresponde al micelio inicial para inocular el sustrato principal.

En lo que se refiere al sustrato, cabe mencionar que los residuos lignocelulósicos como el aserrín, cascarilla de arroz, bagazo de caña y salvado de trigo han demostrado ser muy efectivos. Solamente se requiere un tratamiento previo con calor o compuestos químicos para eliminar posibles contaminantes y aumentar la digestibilidad de las hifas, como se muestra en la **Figura 2.2**. Algunas variables son importantes de controlar para un mejor desarrollo de los micelios, como la granulometría del sustrato que va a influir en la velocidad de colonización; entre más

pequeñas son las partículas, mayor es la superficie de contacto para el micelio. Otra variable es la humedad, la misma que debe controlarse entre 50% y 70% para facilitar el crecimiento fúngico.

Figura 2.2: *Fotografía que muestra las hifas del micelio.*



Nota. Adaptado de (Setas de Siecha, 2024).

Una vez inoculado el sustrato, las condiciones de incubación como temperatura, ventilación, pH y luz deben controlarse estrechamente para direccionar el crecimiento del micelio. Temperaturas entre 20-30°C, pH 6-7, baja intensidad lumínica y alta humedad relativa han demostrado resultados óptimos. Los nutrientes del sustrato se agotan progresivamente, por lo que el tiempo de incubación típico es de 1 a 3 semanas (Barchuk et al., 2019).

Pasada la incubación, se obtiene una estructura sólida de micelio entrelazado denominada pre-forma, la cual luego se somete a un proceso de secado controlado. Esta etapa detiene el crecimiento fúngico y reduce la humedad a niveles seguros para el uso final, normalmente entre 5-15%. El secado puede realizarse de forma natural con ventilación por periodos de 7 a 14 días o acelerarse con calor y deshumidificación forzados (Barchuk et al., 2019).

Posterior al secado, la pre-forma de micelio puede moldearse con calor y presión para adquirir la forma deseada. Las temperaturas de moldeo suelen estar entre 140-180°C con presiones de 25 a 60 toneladas, dependiendo del tamaño y complejidad de la pieza final. En

algunos casos se añaden aglutinantes naturales como almidón para mejorar la adherencia del micelio (Barchuk et al., 2019).

Otras técnicas avanzadas como el cultivo en medios líquidos y la fermentación en estado sólido en biorreactores permiten automatizar y estandarizar la producción de micelio a mayor escala. El uso de sensores y sistemas de control computarizados facilita monitorizar variables críticas como oxígeno, dióxido de carbono, pH y temperatura durante el proceso completo (Barchuk et al., 2019).

De esta forma, las técnicas de cultivo de micelio han evolucionado rápidamente en los últimos años para viabilizar la producción de este material biológico a nivel industrial. Mediante el control preciso de las variables involucradas, es posible obtener bio-compuestos de micelio con propiedades físicas y químicas predecibles aptos para su aplicación en el diseño y fabricación de productos innovadores y sostenibles.

2.5 Marco regulatorio sobre el uso de micelio

El uso del micelio como material alternativo en diversas aplicaciones representa una innovación reciente, por lo que el marco regulatorio que rige su producción y comercialización sigue en evolución. Dado su origen biológico, el micelio se encuentra sujeto a controles y normativas relacionadas a organismos y sustancias de origen fúngico.

En Estados Unidos, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) clasifica al micelio y los hongos dentro de la categoría general GRAS (Generally Recognized As Safe) es decir, sustancias generalmente reconocidas como seguras. Esto significa que no requiere de una aprobación formal de la FDA para su uso, aunque las compañías deben cumplir con buenas prácticas de manufactura para asegurar la calidad e inocuidad del micelio (Benítez-Badillo et al., 2013).

La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA) regula el registro de nuevos microorganismos para usos comerciales no alimentarios bajo la Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA). Esto aplicaría al micelio si se pretende utilizar como agente biocontrolador de plagas, pero no para aplicaciones de materiales (Benítez-Badillo et al., 2013).

De igual forma, si se incorporan al micelio sustancias químicas, plastificantes o conservantes, estos aditivos deben cumplir con las reglamentaciones de la EPA.

En la Unión Europea el micelio está sujeto a la regulación REACH sobre el registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y mezclas químicas. Aunque por su naturaleza biológica el micelio está exento de registro obligatorio, cualquier compuesto o tratamiento adicional aplicado debe reportarse para garantizar su seguridad. Así mismo, deben seguirse los lineamientos de higiene alimentaria en cuanto a procesamiento, almacenamiento y transporte del micelio (Benítez-Badillo et al., 2013).

Otras regiones como Canadá poseen regulaciones similares a las de Estados Unidos, bajo los organismos Health Canada y Environment and Climate Change Canada. En Asia, China cuenta con estándares nacionales relacionados al registro y uso de nuevos recursos de biotecnología, que aplicarían al micelio dentro de la categoría de “organismos no convencionales”.

Respecto a la biodegradabilidad y compostabilidad, existen estándares internacionales desarrollados por organismos como la ISO, ASTM International y la Unión Europea que definen los requisitos que deben cumplir los materiales. Estas certificaciones permiten validar las afirmaciones ambientales sobre el micelio como material compostable y verificar su compatibilidad con programas de manejo de residuos orgánicos (Benítez-Badillo et al., 2013).

En resumen, no existe todavía una regulación integral específica al micelio dada su novedad, pero se encuentra cubierto por las normativas existentes sobre seguridad alimentaria, biotecnología, químicos industriales y compostabilidad. A medida que las aplicaciones comerciales de este material biológico sigan expandiéndose, es probable que se desarrollen nuevos marcos regulatorios adaptados a sus particulares características y riesgos potenciales. Un enfoque coordinado entre las principales autoridades será clave para potenciar el uso sostenible del micelio (Benítez-Badillo et al., 2013).

2.6 Metodología de diseño de Bruno Munari

Bruno Munari fue un artista y diseñador italiano (1907-1998 Milán). Este diseñador industrial/gráfico propuso un modelo de diseño como método proyectual, que se basa en la resolución de problemas. Para él, lo primero que se debe hacer es definir el problema a partir de lo que plantea el cliente para luego pasar a la idea y una serie de diez pasos que llevarán al diseñador a la solución. Esta metodología se adapta para cualquier diseñador ya que de manera metódica y ordenada lleva a conseguir el producto deseado.

Para Munari cualquier problema se descompone en subproblemas, por lo que descomponiéndolo se podrá entenderlo mejor y es cuando aparece la creatividad. Para ello, aprovecha también en exponer la diferencia entre lo complejo y complicado, basándose en la explicación de Abraham A. Moles que dice, “Un producto es complicado cuando los elementos que lo componen pertenecen a numerosas clases diferentes. Un producto es complejo si contiene un gran número de elementos reagrupables en pocas clases” Un automóvil es complicado, un ordenador es complejo (Luzón, 2020).

Figura 2.3: Gráfica de las etapas de la metodología de diseño de Bruno Munari.



Nota. Adaptado de (Gráfica, 2021).

CAPÍTULO 3

3 CAPITULO 3: METODOLOGIA DE DISEÑO

3.1 Metodología de diseño de Bruno Munari

Para el presente proyecto, se propone usar la metodología de diseño basada en la experimentación, conocida dentro del ámbito del diseño como la metodología de diseño de Bruno Munari. Esta metodología tiene un enfoque experimental y se centra únicamente en la experiencia del usuario y el entorno que lo rodea (Luzón, 2020).

Munari en su enfoque de todo problema tiene una solución, en lugar de seguir una rigurosa metodología, incitaba para que los diseñadores exploren, prueben y aprendan a través de la práctica. Él era fiel creyente de la importancia que tiene la observación directa y la comprensión profunda del comportamiento y las necesidades del ser humano para construir un proceso de diseño (Luzón, 2020).

De esta manera, la metodología de Bruno Munari se podría caracterizar como un enfoque experimental, centrándose únicamente en la experiencia, yendo de la mano con la creatividad y la exploración (Luzón, 2020).

Para este proyecto, la metodología de Bruno Munari se muestra como la opción más idónea. A lo largo de la investigación, se realizó un análisis exhaustivo, destacando especialmente las observaciones y experimentación. Estas actividades jugaron un papel crucial, generando resultados valiosos que contribuyeron significativamente al desarrollo del proyecto y proporcionaron aprendizajes sustanciales (Luzón, 2020).

Munari en su metodología de diseño plantea 13 etapas, como se muestra en la **Figura 2.3**, donde el problema y la definición del problema son la primera y segunda etapa respectivamente de su método. En vista de que en los capítulos uno y dos ya se ha expuesto el problema y la

definición de este, se continua desde la etapa tres (Idea) en el actual capítulo. Además, se continua con la etapa 10 y 11 en el capítulo 4 del presente documento, que son modelos y verificación respectivamente (Luzón, 2020).

3.2 Idea

3.2.1 Mobiliario ecológico y su aplicación en el Diseño de Interiores y mobiliario

La arquitectura es una de las áreas en la que se está innovando mucho más en la implementación del micelio como material sostenible, pero el micelio no solamente puede ser usado en áreas arquitectónicas y estructurales, sino también ser aplicado en la industria del diseño, modelando diferentes formas, ya sean orgánicas o parametrizadas; convirtiéndose en una opción de material más versátil e innovador para las áreas de diseño de interiores, industrial y de productos.

Las aplicaciones que puede tener el micelio dentro de todas las áreas del diseño son innumerables, pero de las opciones más prometedoras se pueden mencionar lámparas, sillas, mesas, centros de mesas, taburetes, entre otros. Ver **Figura 3.1** (Punto Sustentable, 2023).

Figura 3.1: *Fotografía de lámparas elaboradas con composite de micelio.*



Nota. Adaptado de (Luzón, 2020).

3.2.2 Consideraciones físicas y biológicas del micelio

3.2.2.1 Vulnerable a la humedad

Algunos composites de micelio no son resistentes a las altas exposiciones de humedad, pues los productos pueden llegar a corroerse con rapidez, llegando a producir moho si se exponen a periodos largos e intensos de humedad (Punto Sustentable, 2023).

3.2.2.2 Vulnerable a plagas e insectos

Ciertos sustratos con los que se complementa el micelio, si no se les da un tratamiento adecuado, pueden llegar a ser altamente vulnerables a la corrosión por plagas como las termitas y los hongos de pudrición que son sus mayores enemigos (Punto Sustentable, 2023).

3.2.2.3 Tiempos de producción extensos

Al ser un biomaterial que depende de un microorganismo, los tiempos de producción dependerán de este, por lo que, para producir bloques de composite de micelio el tiempo de cultivo y crecimiento del micelio son significativos, durando entre semanas y meses, esto es un desafío grande para proyectos que desean tener una producción rápida (Punto Sustentable, 2023).

3.2.3 *Muebles biodegradables de Terreform One*

Terreform junto a la ayuda de Genspace desarrollaron la idea de fabricar muebles con biomaterial a base de composite de micelio, usando sustratos como aserrín, avena y yeso, que ayudan a obtener un material estructural resistente y dejando crecer después de un tiempo una capa fina de celulosa bacteriana, formando una piel estéticamente agradable en el diseño (distritooficina, 2021).

Figura 3.2: *Fotografía de muebles fabricados con composite de micelio.*



Nota. Adaptado de (distritooficina, 2021).

3.2.4 *Compuestos densos ligados a micelio - DMC*

En la amplia frontera de la investigación académica, un cuadro de investigadores del *Laboratorio de Ciudades del Futuro*, un vínculo interdisciplinario forjado a través de los esfuerzos colaborativos de la prestigiosa Escuela Politécnica Federal de Zúrich (ETH de Zúrich), la Universidad de Tecnología de Nanyang en Singapore (NTU Singapur), la Universidad de tecnología y el diseño de Singapore (SUTD), y la Universidad Nacional de Singapur (NUS), ha

delineado sus insights reveladores dentro de los límites de un artículo bautizado "Propiedades mecánicas de compuestos densos atados al micelio en condiciones de meteorización tropical acelerada". Dentro de este discurso académico, se pone el foco en el potencial latente encapsulado dentro de los hongos, desembocando como un verdadero cambiador de juego en las áreas de la construcción y la fabricación de muebles (BioEconomía, 2021).

El micelio es una red que se esconde debajo de la alfombra terrestre y en ocasiones dentro de la corteza de los árboles y es el protagonista en este proyecto. El micelio se presenta en forma de hilos filamentosos conglomerados intrincadamente tejidos a través del sustrato, compactando partículas discretas en un material similar a un bloque. Este arreglo filamentososo conformado por hilos finos conocidos como "hifas", asume el rol de un agente de unión, resultando en un nuevo componente con características mecánicas (BioEconomía, 2021).

Figura 3.3: *DMC fabricado por investigadores del Laboratorio de Ciudades del Futuro*



Nota. Adaptado de (BioEconomía, 2021).

Dentro de los matices de esta investigación académica, un asiduo equipo profundiza en el intrincado examen de las complejidades mecánicas y la eficacia operacional del DMC (Dense Mycelium-Based Composites) dentro del entorno dinámico de las placas. La ingenuidad del equipo se despliega en la creación de estos DMCs, modelados a partir del micelio del hongo *Ganoderma lucidum*, cultivado sobre sustrato de aserrín y los desechos de frutos de palma, subproductos recogidos de los residuos de las empresas de fabricación de aserrín y el aceite de palma. (BioEconomía, 2021).

Posteriormente, el DMC fabricado se somete a un bautismo en un clima tropical, soportando una estricta estancia de 35 días. Luego se produce un examen riguroso, sometiendo al DMC a una serie de pruebas bajo diversos esfuerzos mecánicos, los cuales fueron, la flexión, la tracción y las cargas de compresión. El prisma evaluativo se refina aún más al anclar los resultados en el contexto de las normas reconocidas internacionalmente, enriqueciendo así el discurso con un contexto comparativo que resuena en toda la comunidad científica mundial (BioEconomía, 2021).

3.2.5 Proyectos análogos de The Growing Lab

Uno de los grandes referentes del diseño de mobiliario aplicando composite de micelio como material principal es The Growing Lab de Officina Corpuscoli, su enfoque es trabajar en procesos co-creativos, logrando diseños que llevan a la reflexión a quien los adquiere, pero previamente habiendo investigado acerca de la biotecnología, la antropología la biodiversidad, el ecosistema y la importancia de la combinación simbiótico entre agentes no humanos y humanos (Mycelia, 2024).

Colección: The Growing Lab – Mycelia

Figura 3.4: *Silla de micelio fabricada por The Growing Lab.*



Nota. Adaptado de (Mycelia, 2024).

Figura 3.5: *Producto fabricado por The Growing Lab.*



Nota. Adaptado de (Mycelia, 2024).

Figura 3.6: *Lámparas colgantes fabricadas por The Growing Lab.*



Nota. Adaptado de (Mycelia, 2024).

Figura 3.7: *Macetero a base de composite de micelio fabricado por The Growing Lab.*



Nota. Adaptado de (Mycelia, 2024).

3.2.6 *Accesorios para mobiliario*

Los accesorios se pueden denominar a artículos que son desde dimensiones pequeñas hasta dimensiones más grandes, pero sin exceder cierto límite. Estos accesorios son necesarios dentro de un cuarto o sala, pues son estos pequeños o grandes accesorios los que hacen que una habitación se vea mucho mejor, pueden aportar tanto con estética como con funcionalidad. A diferencia de algunos objetos, los accesorios se caracterizan por tener algún tipo de funcionalidad, ya sea pequeña o significativa para el usuario. Para que un producto se denomine accesorio, es necesario que cumpla ciertos requerimientos como:

- **Funcionalidad:** el accesorio debe poder resolver una necesidad, convirtiéndolo en un producto de interés para el consumidor.

- **Usabilidad:** este producto tiene que ser de fácil acceso y siempre tiene que estar a la vista del consumidor.
- **Accesibilidad:** debes ser un producto que el consumidor pueda reconocer fácilmente que es y para que le puede servir.

3.2.7 *Luces hada*

La idea de incorporar luces hada en los diseños de accesorios para mobiliario, puede ser un poco loca o desalineada, pues el uso que tienen las luces hada usualmente son en adornos pequeños para regalar (souvenirs) o en ocasiones para adornar algo en el exterior o interior de una casa, como mostrado en la **Figura 3.8**, puede ser un arbusto, una planta pequeña, una pared o alguna repisa que se tenga dentro de casa. Pero su aplicación va más allá de eso, se puede pensar incluso en añadirlas en diseño de lámparas grandes, pues de sus características más importantes es que tienen un bajo consumo de electricidad sin sacrificar la luminiscencia.

Figura 3.8: *Fotografía de una sala ambientada con luces hada.*



Nota. Adaptado de (Dreamstime, 2024).

3.2.8 *Innovación con el micelio*

Actualmente no existen en el mercado productos hechos a partir de composite de micelio que innoven en formas y estilicen un poco más la estética del producto. Los diseñadores no están apuntando a entregar un producto estéticamente refinado, como mostrado en la **Figura 3.9**, sino optan por acoplarse un poco a la naturaleza del micelio y hacer productos rústicos o que vayan dentro de esta línea, estas prácticas hacen que la industria del diseño con enfoque en el uso de biomaterial como el composite de micelio no crezca tanto, pues se apunta a un nicho de mercado pequeño, siendo muy pocas personas las que les gusta el diseño rústico.

Figura 3.9: *Representación gráfica de la textura de los productos a base de composite de micelio.*



Nota. Adaptado de (Mycelia, 2024).

3.3 Elementos del problema

3.3.1 *Optimizando la manipulación de accesorios: enfoque en productos no tan manipulables*

Una de las características del composite de micelio que hay que tener en cuenta, es que dependiendo del sustrato que se utilice en conjunto con el micelio, los esfuerzos mecánicos serán distintos, unos serán más resistentes a la tracción, otros a la compresión y otros a la tensión. En

función de lo antes mencionada se debe de pensar en que productos hacer dependiendo del sustrato que se utilice. En el presente proyecto se usará sustrato de aserrín, que es uno de los sustratos que junto con el micelio presentan más resistencia a más esfuerzos físicos. Siendo posible el hecho de diseñar productos como centros de mesa y lámparas de mesa que serán más manipulados por el consumidor, en comparación de las lámparas colgantes que casi no se manipulan dentro de un cuarto o sala.

3.3.2 *Sustrato seleccionado: micelio sobre sustrato de aserrín*

El aserrín sirve como sustrato y fuente de alimentación para el crecimiento de las esporas o fragmentos del micelio de hongos. Para una correcta aplicación se debe esterilizar el aserrín adecuadamente y posterior mezclar con las esporas del micelio (Shiitake, 2024).

Para el presente proyecto se ha elegido utilizar el sustrato de aserrín por varias razones y de las más importantes se puede mencionar que gracias a que el aserrín es un sustrato económico y abundante dentro de la industria de la carpintería y artesanías, es posible tener una eficiencia a gran escala, produciendo volúmenes grandes de composite de micelio con sustrato de aserrín (Shiitake, 2024).

3.3.3 *Consideraciones técnicas*

Junto con la colaboración del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE), se concluyó que para la fabricación de productos con composite de micelio y que se caractericen por su resistencia, el espesor mínimo a tener presente dentro de los próximos diseños debe ser de 2 cm. Pues el CIBE ya ha ido trabajando durante más de 3 años en este proyecto de investigación y han tenido muchos hallazgos al respecto de que sustratos usar, los esfuerzos físicos que tienen cada uno de ellos e incluso tienen una galería amplia de hongos descubierto con diferentes propiedades como, color, tiempo de crecimiento, resistencia, etc.

3.4 Recopilación de Datos

Propiedades del sustrato

La selección del material donde crece el hongo (sustrato) está estrechamente relacionada con la elección del hongo mismo porque diferentes hongos prosperan sobre diferentes materiales (Fuentes & Monereo, 2020).

Como se mencionó anteriormente, el sustrato debe tener los nutrientes adecuados para que el hongo crezca. Esto no sólo mejora su crecimiento, sino que también afecta la fuerza del compuesto de micelio después de que crezca (Fuentes & Monereo, 2020).

A medida que estos compuestos crecen, su densidad suele caer entre 60 y 300 kg/m³. Los compuestos con una fase de relleno de subproductos agrícolas como las fibras de paja tienen densidades más bajas que van desde los 60-130 kg/m³, mientras que los compuestos que contienen subproducto forestal como el aserrín tienen densidad más alta que van desde los 87-300 kg/ m³. Esta variación de densidad agrega complejidad al paisaje compuesto, reflejando el uso de diferentes materiales y su impacto en el producto final (Fuentes & Monereo, 2020).

Tabla 3.1: *Propiedades del tipo de sustrato.*

Cargando	Tipo de sustrato	Sustrato	"ρ sobre (kg / m ³)"	"E MPa"	"σ ultimate MPa"
Tensión	Fibroso	Colza paja a	115	3.0	0,025
	Partículas	Haya aserrín a	170	13	0,05
		serrín de roble rojo b	300	1,3	0,18
Compresión	Fibroso	Lino hurd c	99	0,73	-
		Cáñamo Hurd c	94	0,64	-
		Paja de trigo d	192	-	0,17
	Partículas	Virutas de pino c	87	0,14	-
		serrín de roble rojo b	300	1.0	0,49
		serrín de roble blanco d	552	-	1.1
traccion	Fibroso	Fibras de algodón a	130	1.0	0,05
		Colza paja a	115	1,5	0,14
	Partículas	Haya aserrín a	170	9.0	0,29

Nota. Adaptado de (Fuentes & Monereo, 2020).

3.5 Análisis de los datos

3.5.1 Estilos y ambientes para la línea de productos

La clave para que un salón, cuarto o sala sean estéticamente agradables, cómodos y funcionales, es que tengan una buena distribución de colores, luces, muebles y accesorios de calidad. El presente **proyecto está orientado** a mejorar la estética, innovación y el enfoque sostenible que puede tener un **comedor de casa**. Y es que, el comedor en una casa es el lugar en donde una familia suele pasar mucho más tiempo, ya sea en reuniones con amigos, con familiares, reuniones de trabajo, etc. Por ello, la idea de tener un comedor que derroche innovación y sostenibilidad dentro de un hogar, de la mano de una buena distribución de muebles, luces y accesorios de calidad, harán de un comedor el foco de atención para quienes visiten un hogar.

Explorar el mundo del diseño de interiores ofrece una amplia gama de estilos y enfoques cuando se trata de elaborar comedores. En este proyecto de manera particular, la atención se dirige hacia la convergencia de estilos nórdicos, rústicos y modernos. Esta elección estética se alinea armoniosamente con la visión de presentar productos hechos de composite de micelio, enfatizando la sostenibilidad e innovación.

La incorporación del estilo nórdico produce una estética simple y funcional, mientras que los toques rústicos infunden una sensación de calor y autenticidad en el espacio. Al mismo tiempo, la introducción de elementos modernos añade un toque de estilo vanguardista y contemporáneo. Esta combinación de estilos pretende enfatizar que una sala de comedor no solo puede ser visualmente atractiva, sino también ambientalmente consciente, mostrando el uso de materiales ecológicos como el composite de micelio.

En esencia, la propuesta de diseño aspira no sólo a crear entornos visualmente agradables, sino también romantizar la idea de promover la conciencia ambiental y la adopción de prácticas innovadoras en la fabricación no solo de accesorios para mobiliarios, sino en toda la industria del mobiliario.

3.5.2 Selección de productos para diseños

Dentro del diseño de un comedor para hogar, deben existir muchos factores y criterios de diseño para que este sea un lugar agradable y sea el sitio más destacado del hogar, pues es donde una familia pasar el mayor de su tiempo haciendo diversas actividades. Para mejorar el ambiente, hay una necesidad de accesorios que contribuyan a la funcionalidad y acogida de la sala de comedor.

En el enfoque de diseño de accesorios de muebles para el comedor, en el cual se basa el presente proyecto, es necesario definir los productos a diseñar y que cumplan con las

características para que su fabricación sea viable, con la implementación de composite de micelio como material principal.

Sabiendo esto, los productos que se proponen a diseñar dentro del proyecto son los siguientes, una lámpara colgante como producto principal y complementada por un centro de mesa y una lámpara de mesa, cada uno de ellos cumple con una función, ya sea simple o esencial, convirtiéndolos en un accesorio funcional para un comedor de hogar.

3.5.3 *Líneas de productos*

Como se mencionó anteriormente el producto principal es una lámpara colgante, teniendo esta premisa, sus productos complementarios deberán seguir la misma línea de diseño de la lámpara colgante, para que la línea de productos que se plantee sea lo más clara y estéticamente coherente posible.

Se planteará diseñar 3 líneas de productos, las cuales constarán de sus 3 productos ya mencionados, una lámpara colgante, un centro de mesa y una lámpara de mesa.

3.5.4 *Criterios de diseño*

- Los productos deben poder ser fabricados de composite de micelio en su totalidad.
- La lámpara colgante debe poder tener 3 tipos de funcionalidades:
 1. Luz led y luces hada encendidos.
 2. Únicamente la luz led encendida.
 3. Únicamente las luces hada encendidas.
- El centro de mesa debe cubrir al menos 1 necesidad cotidiana en un enfoque para un comedor de hogar.
- Los productos deben poder ser fabricados con moldes desmoldantes.

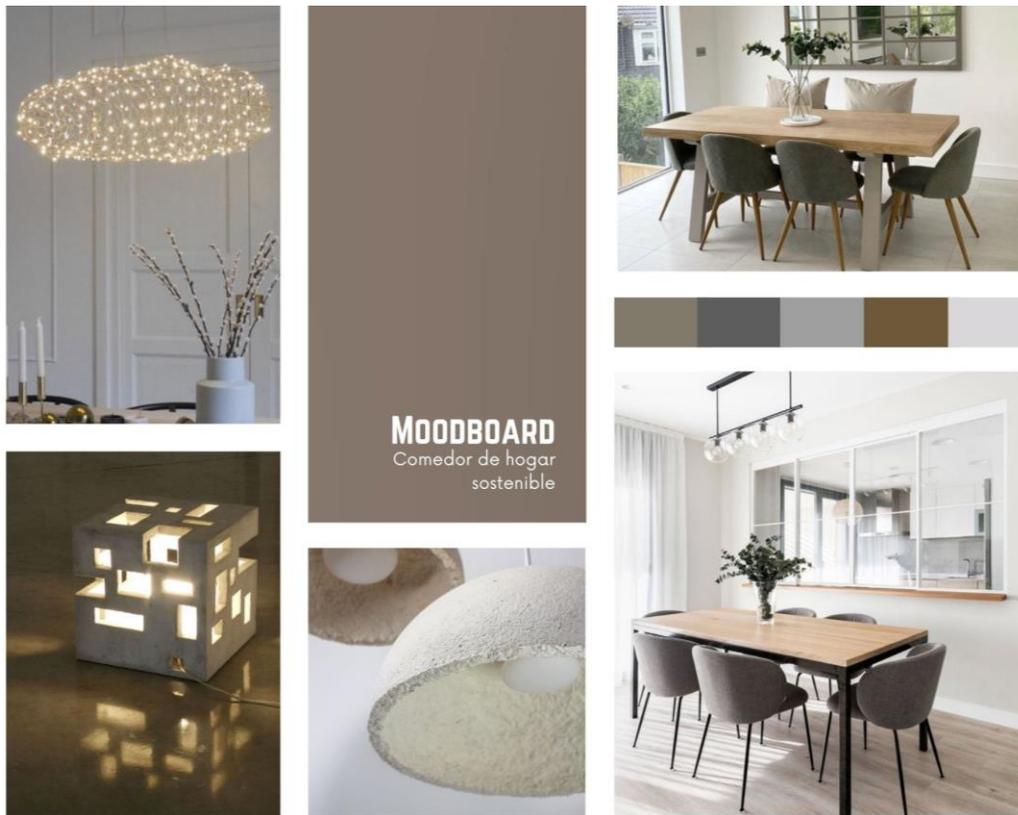
3.6 Creatividad

3.6.1 Ideación

Se proponen ideas sobre el entorno que se desea que los productos se encuentren, y su diseño estético y funcional se alineen a estos entornos o ambientes. Así mismo, se muestran ideas, como mostrado en la **Figura 3.10**, de que productos se desean diseñar y una visión de la estética que se quiere llevar a cabo.

3.6.1.1 Moodboard

Figura 3.10: *Moodboard - Comedor de hogar sostenible.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

3.6.2 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas es una técnica creativa que es usualmente utilizada para generar ideas con mucha libertad. El propósito principal es crear soluciones, propuestas, conceptos o posibles

respuestas a un determinado problema. Durante la generación de una lluvia de ideas se admite a expresar cualquier tipo de idea, desde la más loca a las más acertada.

Figura 3.11: Representación gráfica de una lluvia de ideas.



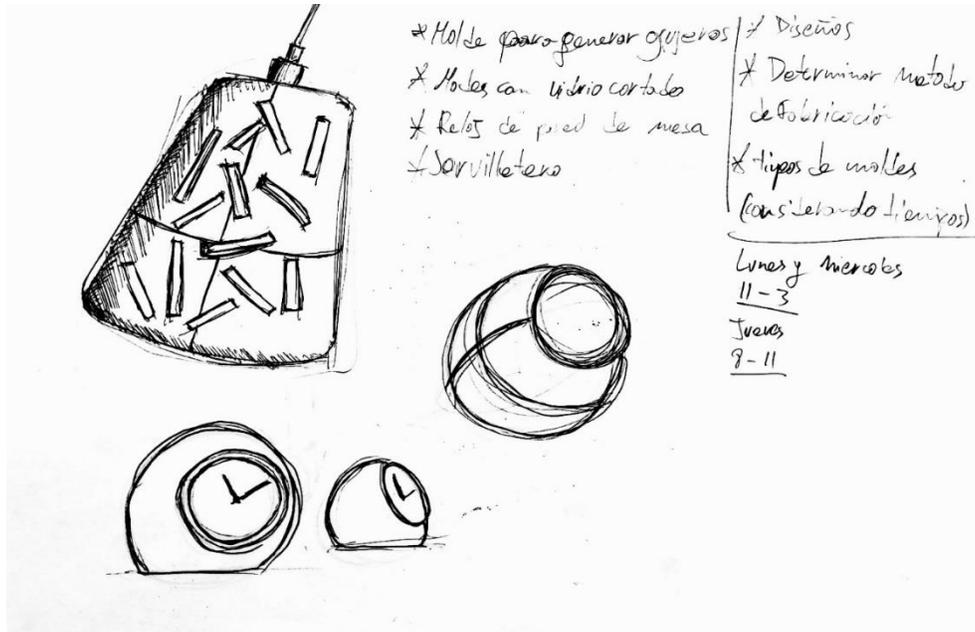
Nota. Elaboración propia, 2024.

3.6.3 Bocetos

Se materializan las ideas de manera rápida con dibujos conceptuales, permitiendo a plasmar ideas de una manera visual, proponiendo soluciones potenciales. Los bocetos ayudan a explorar diferentes tipos de formas, proporciones y detalles pequeños de los productos. Durante esta etapa los diseñadores no buscan preocuparse por que sus ideas muestren demasiados detalles estéticos o que sus bocetos lleguen a la perfección visual.

Boceto 1

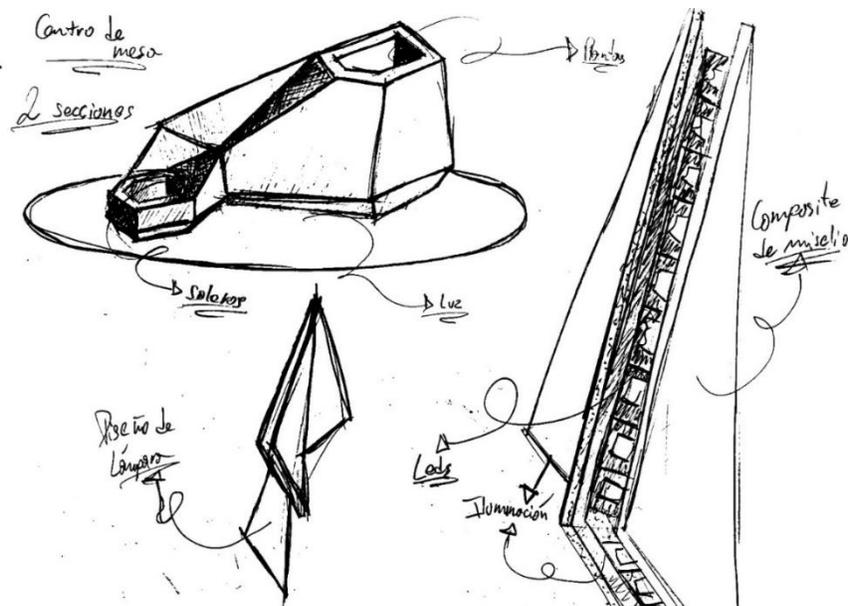
Figura 3.12: Boceto inicial 1 en el que se idea una lampara colgante y un accesorio.



Nota. Elaboración propia, 2024.

Boceto 2

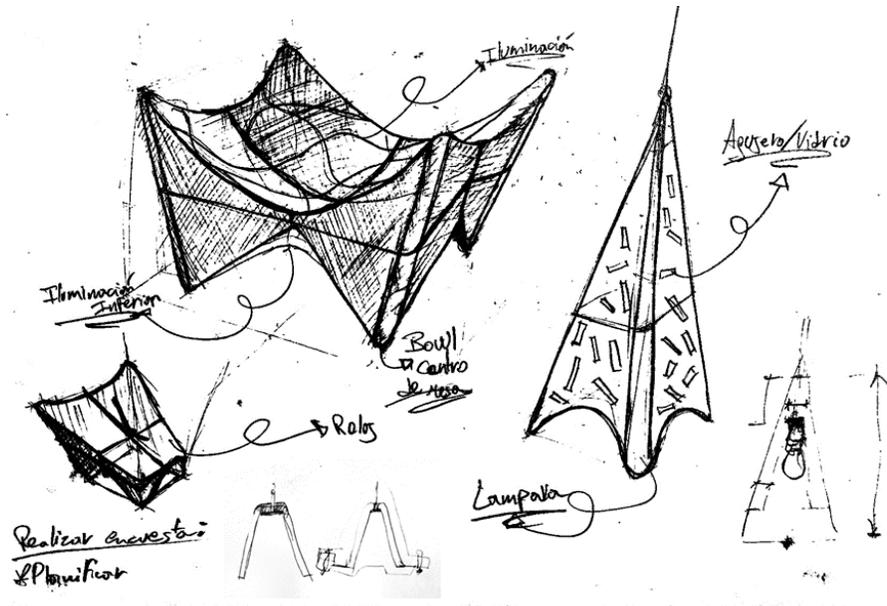
Figura 3.13: Boceto inicial 2 en el que se idea una lámpara colgante y un centro de mesa.



Nota. Elaboración propia, 2024.

Boceto 3

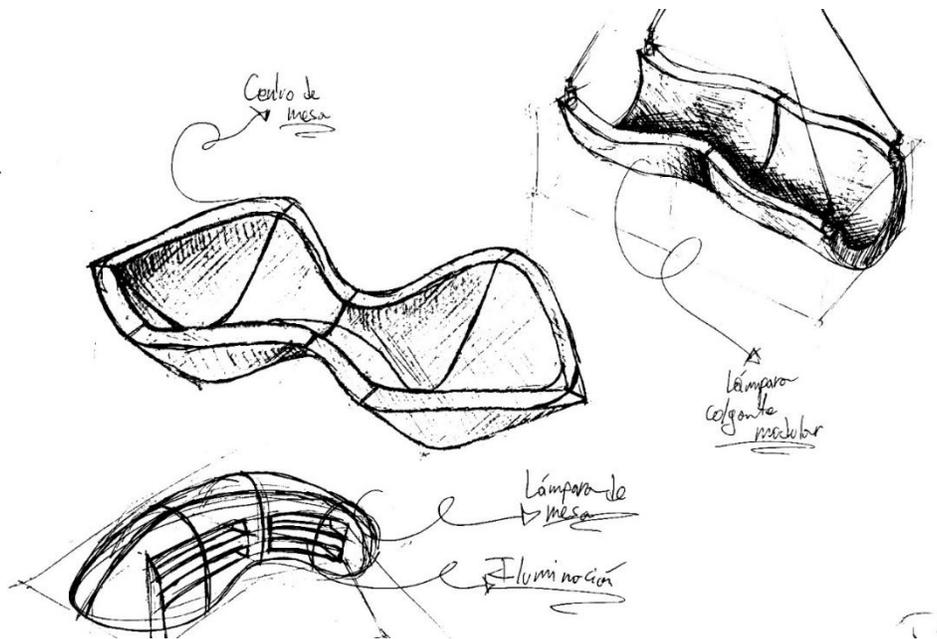
Figura 3.14: Boceto inicial 3 en el que se idea una lámpara colgante, un centro de mesa y un accesorio.



Nota. Elaboración propia, 2024.

Boceto 4

Figura 3.15: Boceto inicial 4 en el que se idea una lámpara colgante, un centro de mesa y una lámpara de mesa.



Nota. Elaboración propia, 2024.

3.7 Materiales y tecnología

3.7.1 Composite de micelio

Encontrar un material que entregue soluciones vanguardistas y sostenibles dentro del diseño de productos es un desafío y la elección del composite de micelio para el desarrollo de este proyecto se justifica de muchas maneras, y es que tiene beneficios muy grandes, como ambientales, versatilidad para el diseño y propiedades únicas que benefician al producto. Usar este material revolucionario, no solo es la mejor opción por las demandas actuales de la sostenibilidad, sino que representa una de las mayores innovaciones dentro del diseño de productos.

Características distintivas del material

La adaptabilidad del micelio a las diversas formas y estructuras proporciona una gran variedad de diseño versátil. Este material posee propiedades notables como resistencia y poco peso, cruciales para el éxito de los productos diseñados. Optar por la utilización del composite de micelio no sólo abarca la sostenibilidad, sino que también integra atributos técnicos que mejoren la durabilidad y usabilidad de los productos finales a comparación de otros biomateriales como la celulosa o los bioplásticos.

Innovación en el diseño

La decisión de implementar el micelio muestra un compromiso con la innovación en el diseño de productos. Al superar ciertas limitaciones y desventajas de los métodos tradicionales, el proyecto se coloca en el desarrollo del diseño sostenible. No sólo ofrece productos estéticamente atractivos, sino que también presenta soluciones con una visión a futuras demandas del mercado.

3.7.2 *Sustrato de aserrín*

Gracias a la colaboración del equipo de investigadores del CIBE, se llegó a concluir que la mejor opción como sustrato para el composite de micelio es el aserrín, pues tiene propiedades distintivas a comparación de las que se dispone en el centro de investigación, como la cascarilla de arroz. Como ya se ha mencionado a lo largo del presente documento, el sustrato de cascarilla de arroz entrega un producto sumamente delicado y siendo que los productos que se proponen a diseñar para este proyecto serán manipulados por el usuario final, la mejor opción es usar un sustrato que entregue características físicas resistentes a la manipulación, por lo que, el sustrato de aserrín es el perfil más acertado para estos criterios.

3.7.3 Iluminación

Luces LED

Las luces LED serán usadas para la lámpara colgante como parte de los criterios de diseño que se mencionaron para dicho producto. Estas luces permiten que la lámpara tenga un punto más de valor agregado, pues este elemento se caracteriza por no generar calor al estar durante mucho tiempo en funcionamiento y otro de sus beneficios es que son altamente ahorrativos, pues no representan un alto consumo de electricidad dentro del hogar.

Luces hada

Las luces hada al igual que las luces LED forman parte de los criterios de diseño de la lámpara colgante, pero se implementan dentro del proyecto por su valor único que entrega en el diseño de las lámparas. Estas luces hada tienen la característica de resistir altas temperaturas, y exposición intensa a la humedad, siendo un elemento clave dentro del diseño. Además, las luces hada son mucho más ahorradoras de electricidad que las luces LED, estas luces hada son un 66% más ahorradoras que las luces LED, teniendo un consumo de 5W a comparación de los 10W – 15W que consumen las luces LED (Pepeenergy, 2021)(Iluminoteca, 2017).

3.7.4 Materiales para el molde

El desafío de encontrar un buen material para la fabricación de un molde dentro del diseño de productos es grande y dependerá mucho del método de fabricación de dicho molde.

Para el actual proyecto, como se tiene un amplio conocimiento en el área de diseño 3D CAD, la mejor opción es la impresión 3D, en esta área existen muchos materiales que se podría usar para la fabricación del molde, pero el candidato perfecto es el PLA, mostrado en la **Figura 3.16**, por muchos beneficios que de los más importantes destacan su biodegradabilidad y sostenibilidad; el PLA es un polímero 100% biodegradable derivado de recursos renovables

como el almidón de maíz, la caña de azúcar o raíces de tapioca, a diferencia de otros materiales de impresión 3D que están fabricados esencialmente de petróleo (Auros, 2024).

Figura 3.16: *Fotografía de un rollo de filamento PLA para impresión 3D.*



Nota. Adaptado de (3D Town, 2023).

3.8 Experimentación

3.8.1 Pruebas de crecimiento en cartón

Los resultados de esta experimentación del crecimiento del micelio con sustrato de cascarilla de arroz, como se muestra en la **Figura 3.17**, revelaron que existió ausencia de crecimiento del micelio debido a exceso de humedad en el composite. Se observó que el micelio solo se desarrolló en la superficie de algunas partes del cartón, como mostrado en la **Figura 3.18**. La generación excesiva de humedad llegó al punto de hacer que el cartón ya no conservara ninguna utilidad. Esta experimentación resulta muy positiva para el proyecto, pues nos da información valiosa de materiales que no pueden ser aplicados con el composite de micelio. Aunque la idea de combinar un material 100% biodegradable con otro 100% reciclable es atractiva, la necesidad de considerar cuidadosamente la combinación entre los materiales se vuelve evidente, fortaleciendo así la toma de decisiones en lo que va del proceso del proyecto.

Figura 3.17: Fundas de celofán con composite de micelio con sustrato de cascarilla de arroz.



Nota. Elaboración propia, 2024.

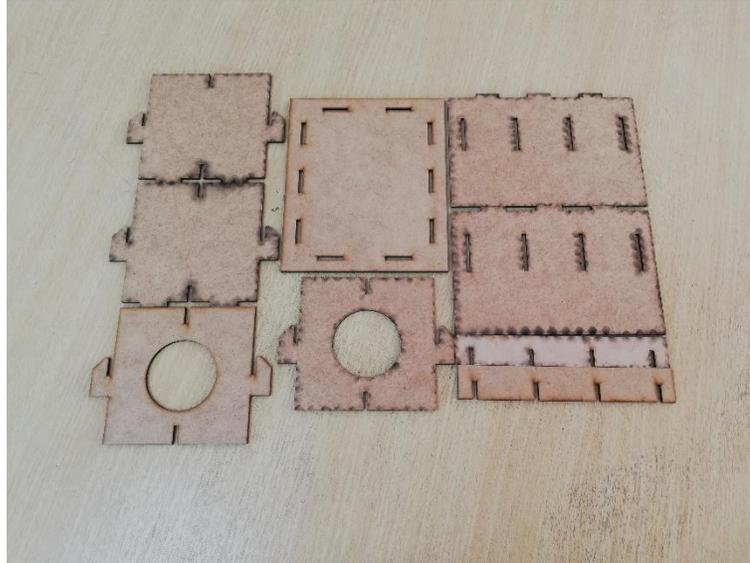
Figura 3.18: Experimentación del crecimiento de micelio en cartón.



Nota. Elaboración propia, 2024.

3.8.2 *Diseño de moldes para experimentación*

Figura 3.19: *Piezas de molde de experimentación elaboradas en MDF para representación física.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 3.20: *Molde para experimentación de crecimiento del micelio en MDF.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

3.8.3 *Pruebas a condiciones extremas a las luces hada*

Se realizaron dos pruebas a condiciones extremas a las luces hada, para validar su eficiencia y calidad. La primera prueba realizada fue someter a las luces hada a temperaturas altas que rondan los 150° - 180° Celsius, por aproximadamente 20 minutos, mostrado en la **Figura 3.21**, revelando que las luces hada resisten altas temperaturas sin problema.

Figura 3.21: *Pruebas a luces hada en horno.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Esta experimentación se realizó porque para inactivar el crecimiento del micelio una vez ya haya crecido en su totalidad, obteniendo la forma deseada del producto, se debe de secar el producto en un horno a 60° grados por alrededor de 5 - 10 horas.

Además, ya que el sustrato de aserrín se lo humedece para que el micelio pueda vivir y nutrirse de este, también se tuvo que someter a las luces hada a contacto directo con el agua y verificar su correcto funcionamiento posteriormente, obteniendo como resultado el correcto

funcionamiento de estas luces después de ser sumergidas en agua, como se muestra en la **Figura 3.22**.

Figura 3.22: *Validación de funcionamiento después de las pruebas a las luces hada.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

CAPÍTULO 4

4 CAPITULO 4: DESARROLLO DE PROYECTO

4.1 Análisis de resultados

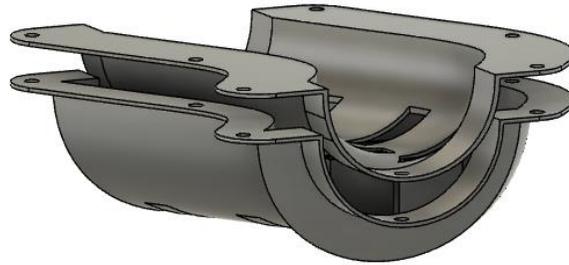
En esta etapa del presente documento, se presentan avances significativos en la creación y validación del molde para accesorios de mobiliario a base de composite de micelio. Modelar en 3D el molde y fabricarlo físicamente, han sido fundamentales para garantizar un producto viable y funcional. Gracias a encuestas realizadas a expertos en el diseño, ha sido posible validar los diseños de los productos, destacando la coherencia de las tres líneas de productos. Además, se alcanzó un 80% de desarrollo en la experimentación del crecimiento del micelio en el molde demostrado un sólido progreso. Por otro lado, la colaboración con el CIBE ha sido fundamental durante todo el desarrollo del proyecto, teniendo un enfoque en los criterios esenciales para el correcto funcionamiento del molde.

4.1.1 Modelos

4.1.1.1 Molde: modelos 3D – escala 1:1.5

Se realizó un modelado 3D de un molde de la mitad de la lámpara (**Figura 4.4**) a escala 1:1.5 para poder testear el correcto crecimiento del micelio en el interior del molde junto con las luces hada (**Figura 4.26**). De esta manera se valida si el molde es funcional y si es viable realizar moldes más grandes para producir productos a gran escala a base de composite de micelio.

Figura 4.1: Representación gráfica del molde 1:1.5 en modelado 3D.



Nota. Elaboración propia, 2024.

4.1.1.2 Molde físico: escala 1:1.5

Se construyó el molde físico gracias al diseño CAD realizado en el programa Fusion 360; el molde se realizó mediante el uso de impresión 3D. Para una correcta impresión 3D se tuvieron en cuenta varios aspectos, entre ellos el espesor mínimo del molde debe ser de al menos 2 mm de espesor, para evitar deformaciones en el molde y que el producto final no tenga la forma deseada.

Figura 4.2: Fotografía de las piezas del molde físico.



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.3: *Fotografía en perspectiva del molde físico con pernos.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

4.1.1.3 Modelos 3D: productos

Los modelos 3D nos permiten tener una representación del producto que se está diseñando, lo más parecido a la realidad, añadiendo texturas realistas, una buena disposición de luz y una buena colocación de la cámara virtual en programas digitales como Blender 4.0. Para el desarrollo de este proyecto, los modelados 3D avanzados se aprovechan para validar los diseños de los productos mediante encuestas realizadas a expertos de la industria, de esta manera pudieron entender los productos y visualizar su funcionamiento, así como también el material con el que están hechos y el ambiente o entorno para el que están diseñados. A continuación, se muestran tres líneas de productos que se componen de tres productos cada una.

Línea de productos 1

Figura 4.4: *Modelado 3D avanzado de la lámpara colgante 1.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.5: *Modelado 3D avanzado del centro de mesa 1.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.6: *Modelado 3D avanzado de la lámpara de mesa 1.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Línea de productos 2

Figura 4.7: *Modelado 3D avanzado de la lámpara colgante 2.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.8: *Modelado 3D avanzado del centro de mesa 2.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.9: *Modelado 3D avanzado de la lámpara de mesa 2.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Línea de productos 3

Figura 4.10: *Modelado 3D avanzado de la lámpara colgante 3.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.11: *Modelado 3D avanzado del centro de mesa 3.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.12: *Modelado 3D avanzado de la lámpara de mesa 3.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

4.1.2 *Prototipo escala 1:1.5*

Los resultados obtenidos de la experimentación del crecimiento del composite de micelio en el interior del molde, se encontró en una fase del 90%, como mostrado en la **Figura 4.13**, con la estructura sólida y funcional, aunque aún se encontraba en etapa de crecimiento el proceso de

desarrollo de la capa exterior, que es la piel fúngica que les dará estética única a los productos de DigiMob

Figura 4.13: *Fotografía del prototipo avanzado en proceso de desarrollo.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

4.1.3 Verificación

4.1.3.1 Encuesta a diseñadores

Para una correcta validación y aceptación de los productos (línea de productos - DigiMob) desarrollados en el presente proyecto; se empleó una encuesta a diseñadores en el área de diseño de interiores, de esta manera es posible entender el nivel de satisfacción que tiene la línea de productos DigiMob. Esta encuesta reveló que las líneas de producto logran demostrar innovación y sostenibilidad, agregándole un valor importante a la implementación del micelio en el área de diseño de accesorios para mobiliario.

Para los encuestados, el impacto visual de la lámpara colgante en todas las líneas de productos representa en un 90% el producto con más impacto visual de los 3, siendo este el objetivo que se quería lograr con la lámpara colgante. Además, dentro de todas las líneas de productos, los diseñadores comparten con que existe una coherencia entre los diseños de los 3

productos dentro de cada línea, destacando que hacen una buena composición y cumpliendo con lo que prometen.

4.1.3.2 Retroalimentación del CIBE

A lo largo del proyecto multidisciplinario junto con el CIBE, se compartieron ideas y criterios que ayudan a que el proyecto se lleve de la mejor manera y obtener un producto final adecuado. En las reuniones con el centro de investigación sobre la elaboración del molde, hubo algunos criterios que se debían aplicar al molde para su correcto funcionamiento, uno de ellos es que el molde debe permitir una correcta oxigenación para el crecimiento del micelio. De esta manera, se realizaron ciertas modificaciones al molde ya elaborado, aplicando una correcta disposición de agujeros, como se muestra en las **Figura 4.14** y **Figura 4.15**, para que el molde permita el ingreso de oxígeno como el CIBE lo requería.

Figura 4.14: *Modificación de agujeros a la pieza superior del molde físico.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.15: *Vista a detalle de la modificación de agujeros a la pieza superior del molde físico.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

4.2 Aspectos conceptuales

4.2.1 *Innovación y sostenibilidad*

Para el presente proyecto, se consideraron dos pilares fundamentales: la sostenibilidad y la innovación. La sostenibilidad no es simplemente un objetivo planteado que se debe seguir en este proyecto, sino también la esencia que está presente en cada etapa del proyecto, desde la idea hasta la materialización de este.

Por otra parte, la innovación se manifiesta de muchas maneras en este proyecto, siendo desde un principio el hecho de desarrollar productos que fomenten el uso de materiales sostenibles y que son 100% funcionales, de esta manera el composite de micelio se convierte en la mejora elección como biomaterial principal de los productos, destacando sus características únicas y su versatilidad en el diseño.

4.2.2 *Originalidad en el diseño de iluminación*

La idea de implementar 2 tipos de funciones en una misma lámpara es puramente la originalidad de este proyecto. Al combinar las luces hada con las luces LED, no solo es una propuesta interesante y única que nunca se había visto en el mercado, sino que también genera una experiencia visual cautivadora para quien lo observa. Es claro que, el enfoque de iluminación doble no es simplemente para satisfacer la necesidad práctica del usuario, sino también realzar el diseño estético e innovador.

4.2.3 *Concepto de las líneas de productos*

El objetivo de este proyecto no es simplemente desarrollar un producto que sea posible de elaborar con composite de micelio, sino el desarrollo de una amplia línea de productos que se pueden fabricar con este biomaterial. Es por ello, que se conceptualiza una línea de productos que rodea a las lámparas colgantes propuestas. El diseño en sí, no se limita a la simplicidad de fabricar un producto, más bien, se expande a la idea de diseñar otros productos que complementen y realcen la esencia de otro más importante en este caso.

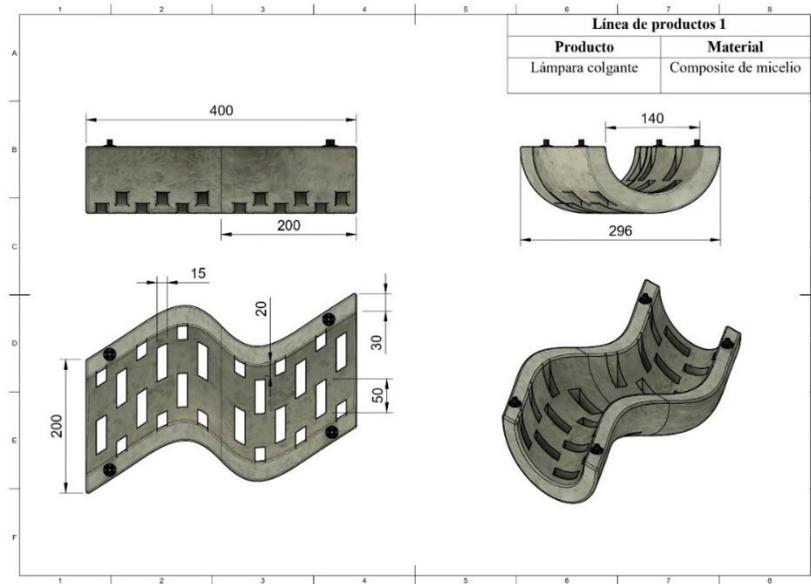
4.3 Aspectos técnicos

4.3.1 *Planos*

Como parte esencial del proyecto, es necesario mostrar los planos técnicos de los productos para que se tenga una noción de las dimensiones de estos.

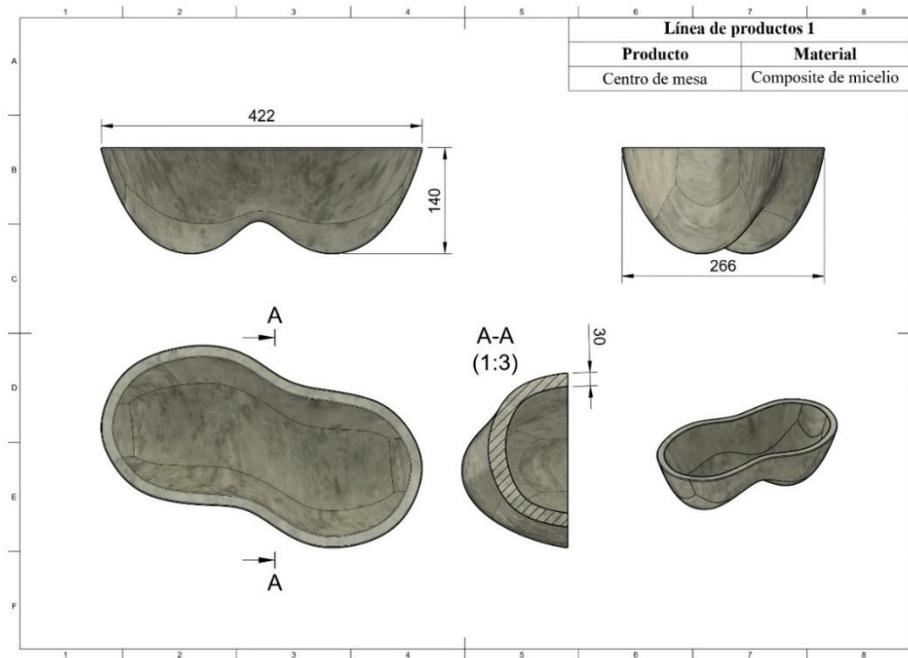
Línea de productos 1

Figura 4.16: Plano lámpara colgante 1.



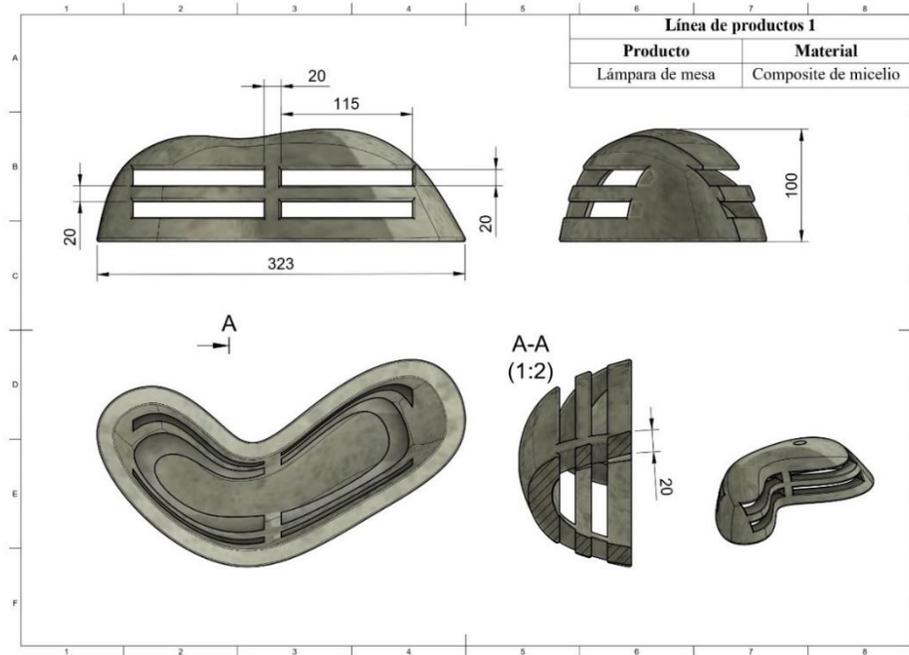
Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.17: Plano centro de mesa 1.



Nota. Elaboración propia, 2024.

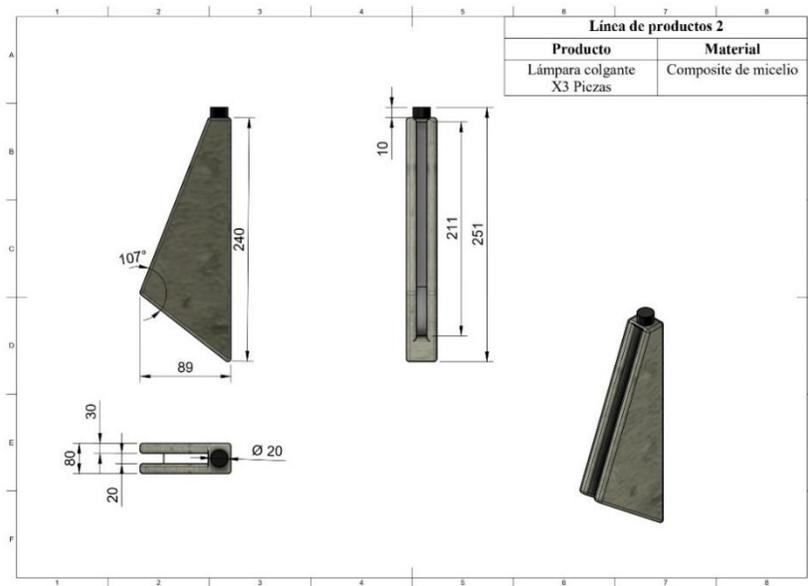
Figura 4.18: Plano lampar de mesa 1.



Nota. Elaboración propia, 2024.

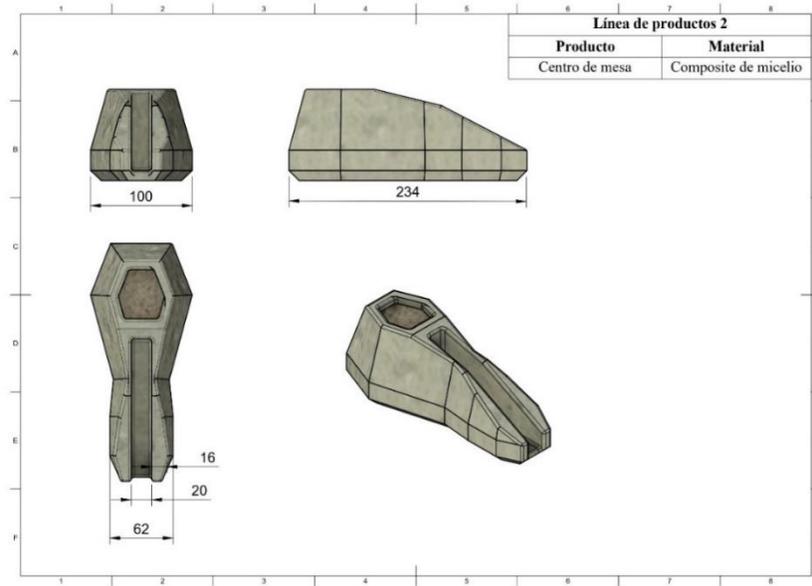
Línea de productos 2

Figura 4.19: Plano lámpara colgante 2.



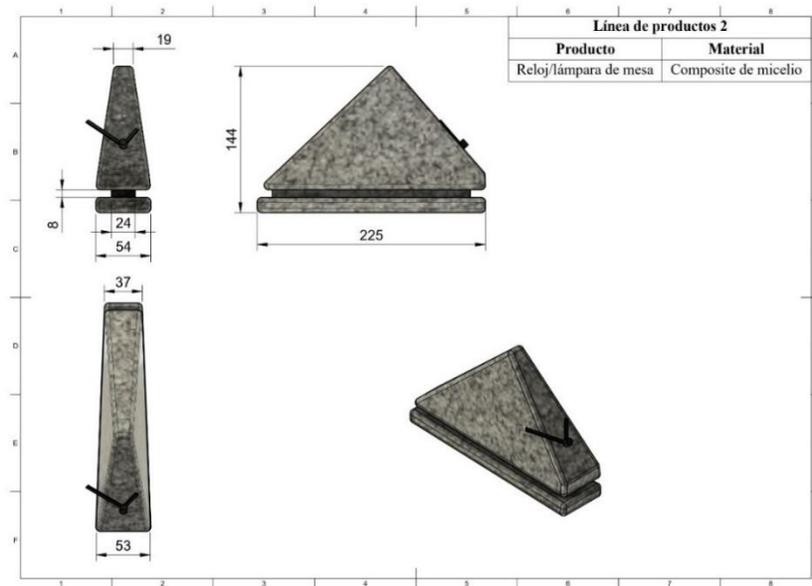
Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.20: *Plano centro de mesa 2.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

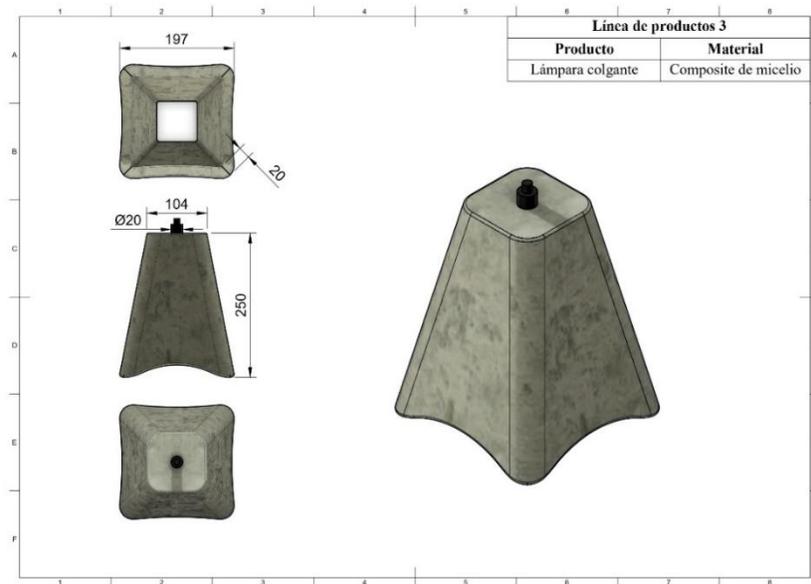
Figura 4.21: *Plano lámpara de mesa 2.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

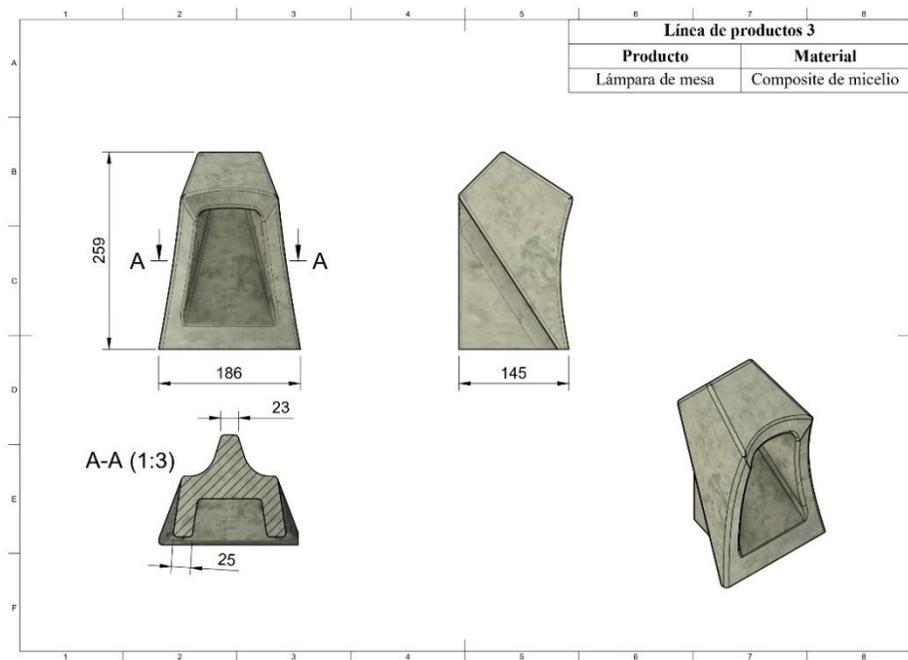
Línea de productos 3

Figura 4.22: Plano lámpara colgante 3.



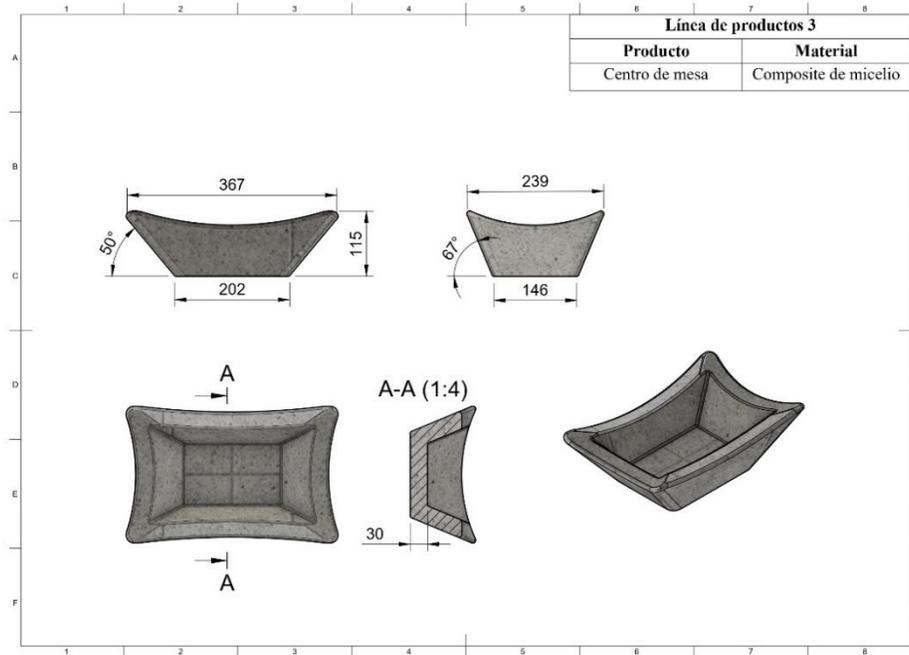
Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.23: Plano lámpara de mesa 3.



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.24: Plano centro de mesa 3.



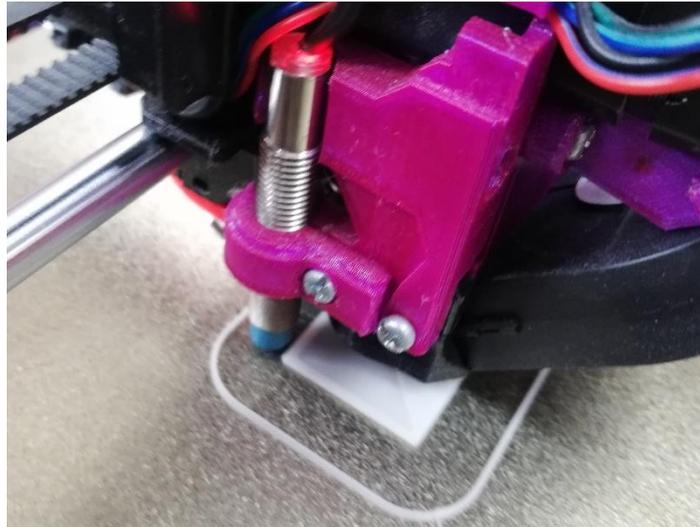
Nota. Elaboración propia, 2024.

4.3.2 *Proceso de manufactura*

El proceso de manufactura para la elaboración del prototipo a escala 1:1.5 se descompone en varias fases. Cabe mencionar que el proceso de manufactura para la producción a gran escala de la línea de productos DigiMob será exactamente el mismo que fue aplicado para la fabricación del prototipo a escala.

Como fase inicial, se diseña el molde deseado para la fabricación del producto a base de composite de micelio. Una vez se disponga de un diseño CAD (modelo 3D) del molde, se procede a realizar las configuraciones adecuadas para comenzar con la producción del molde. Como método de producción para el molde, se utilizó la impresión 3D con filamento de PLA; se coloca el archivo configurado para que la impresora 3D lo ejecute y proceda con la impresión del producto, como se muestra en la **Figura 4.25**, con un tiempo de duración de aproximadamente 20 horas.

Figura 4.25: *Fotografía de impresora 3D en ejecución.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Como siguiente fase, una vez se disponga del molde, se procede a acomodar las luces hada de manera que estén muy bien distribuidas en el molde, como se muestra en la **Figura 4.26**.

Figura 4.26: *Fotografía de la pieza inferior del molde con las luces hada acomodadas.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Luego se procede a compactar el composite de micelio con sustrato de aserrín ya colonizado, como se muestra en la **Figura 4.27**, en el molde; todo esto se debe realizar con las

debidas precauciones para que el composite de micelio no se infecte y el proceso de crecimiento sea el adecuado.

Figura 4.27: *Fotografía compactando el composite de micelio con sustrato de aserrín en el molde.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Como fase final, después de haber pasado alrededor de 14 días dejando crecer el micelio dentro del molde, se retira el molde y se deja secar el producto final (producto a base composite de micelio con la forma que se desea) dentro de un horno a 60° por alrededor de 10 horas hasta que se observe que ya no existe humedad en el producto.

4.4 Aspectos estéticos

4.4.1 Forma:

Los diseños de los productos varían con respecto al estilo de formas que tienen, en principio, la idea es que se logre mostrar una amplia variedad de estilos, que se pueden aplicar con biomateriales, en este caso del composite de micelio. De esta manera, se proponen diseños con formas rectas o vectoriales que se alineen con el estilo modernistas; otros productos se los inclina más hacia formas orgánicas, que se alinean mucho mejor con el concepto de naturaleza que viene muy relacionado con la sostenibilidad.

4.4.2 Color

Respecto al color de los productos, dependerá mucho de la naturaleza del micelio, pues existen una gran variedad de estos, como ya se lo ha mencionado; estos colores pueden ir desde blancos, grises, tonos de café, naranja, entre otros. La tonalidad exacta no es posible determinarla, pues depende de muchas variables a las que está expuesto el crecimiento del micelio, desde la temperatura, hasta como fue preparado en las bolsas de cultivo.

Respecto al ambiente o entorno en donde se piensa estarán los productos, como es el caso de un comedor para hogar, se apunta hacia colores cálidos, una caracterización que destaca al estilo nórdico; colores como tonalidades cálidas y frías juntas, son una representación clara de un estilo nórdico.

4.4.3 Renders

A continuación, se muestran representaciones de alta calidad de las líneas de productos (DigiMob) puestas en acción en el ambiente o entorno para el cual fueron diseñadas, representadas con renders realizados en programas de edición digital como Fusion 360 y Blender 4.0.

Figura 4.28: *Render avanzado - Línea de productos 1.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.29: *Render avanzado - Línea de productos 2.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 4.30: *Render avanzado - Línea de productos 3.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

4.5 Presupuesto

Se realiza un presupuesto general de los costos para fabricar un prototipo a escala 1:1.5 de la mitad de la lámpara colgante de la línea de productos 1 presentada en este proyecto (**Figura 4.4**).

Tabla 4.1: *Estimación de producción del composite de micelio*

Insumos	Cantidad	Total
Sustrato de aserrín	500 g	\$ 0,0275
Agar PDA	100 ml	\$ 0,72
Placa petri esterilizada de poliestireno	1 u	\$ 3,00
Agua destilada	1 gal	\$ 4,00
Alcohol 70%	1 gal	\$ 10,00
Hipoclorito 5%	1 gal	\$ 3,00
Rollo Pack	1 u	\$ 2,50
Fundas de celofán	4 kg	\$ 6,00
Subtotal		\$ 29,25

Nota. Adaptado de Daniela Coronel, Leonor Rivera, Aprovechamiento del micelio de hongos nativos de la ESPOLO confines de micotectura; (2022). Elaboración propia, 2024.

Tabla 4.2: *Estimación de costo de producción de prototipo a escala 1:1.5*

Materiales	Cantidad	Total
PLA - fabricación de piezas complementarias	100 g	\$ 2,30
Luces hada	6 m	\$ 2,25
Luces LED	20 cm	\$ 0,09
Tornillos 3mm x 18mm	12 u	\$ 0,36
Alambre trenzado	6 m	\$ 2,00
Topes de aluminio	4 u	\$ 0,68
Cable de electricidad - 2mm	1 m	\$ 0,81
Subtotal		\$ 8,49

Nota. Elaboración propia, 2024.

Tabla 4.3: *Estimación de costo de fabricación del molde a escala 1:1.5*

Descripción	Cantidad	Total
Fabricación del molde 1:1,5 en impresión 3D	1 u	\$ 50,00
Perno hexagonal R/G 1" x 1/4"	8 u	\$ 0,72
Tuerca hexagonal 1/4"	8 u	\$ 0,56
Subtotal		\$ 51,28

Nota. Elaboración propia, 2024.

Tabla 4.4: *Presupuesto estimado de fabricación del prototipo a escala 1:1.5; sin estimar producción a gran escala.*

Presupuesto	
Subtotal de fabricación del prototipo a escala 1:1,5	\$ 89,02
Costo administrativo (10%)	\$ 8,90
Utilidad (30%)	\$ 26,71
IVA (12%)	\$ 10,68
TOTAL	\$ 135,31

Nota. Elaboración propia, 2024.

4.6 Aspectos comunicacionales:

4.6.1 *Nombre del producto*

Digi es una marca personal del autor del presente proyecto, este nombre de marca tiene varias connotaciones, una de ellas es que el nombre Digi hace referencia a lo “digital, por otro lado, viene de la pronunciación en inglés de la abreviación del nombre Diego (DG sin vocales). Si se observa detenidamente el isotipo de la marca, mostrado en la **Figura**, se puede observar que se combinan las letras DG de modo que también se aprecien todas las letras del nombre Diego.

Además, en el presente proyecto se plantea la idea de que las líneas de productos desarrolladas representen una submarca de Digi, en este caso la submarca tiene como nombre DigiMob, donde Mob hace referencia a mobiliario. Dentro de esta submarca, se trata no solo de

enfocarse en fabricar accesorios para mobiliario, sino a mirar a un futuro más ambicioso en el que la visión de DigiMob sea penetrar el mercado en la industria del mobiliario en su totalidad, de allí nace el nombre de la submarca Mob.

Figura 4.31: Logo de la marca de las líneas de productos.



Nota. Elaboración propia, 2024.

4.6.2 Tipografía

El logotipo de la marca usa “Montserrat” como tipografía, que se caracteriza por ser elegante y moderna, compaginando muy bien con la innovación y unicidad de los productos.

Figura 4.32: Tipografía usada para el logo de la marca.



Nota. Elaboración propia, 2024.

4.6.3 Promoción

Con el objetivo de dar a conocer la marca al mundo la esencia y la visión de DigiMob, se muestra en la **Figura 4.33**, un poster que destaca la innovación y la belleza única de los productos de DigiMob. Este poster no es únicamente elaborado para que sirva como apoyo visual de la marca, sino también para incentivar al mundo entero a sumergirse en el mundo del diseño sostenible y vanguardista que promete DigiMob.

Figura 4.33: *Poster para captación de clientes.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

5 CONCLUSIONES

En conclusión, el presente proyecto profundiza en la incorporación del composite de micelio con sustrato de aserrín en la creación de productos de diseño sostenible, con un énfasis en las lámparas colgantes. A través de la investigación, resulta evidente que optar por este material no es solo un enfoque innovador y visualmente encantador, sino que también significa un firme compromiso con la sostenibilidad medioambiental.

La experimentación con el crecimiento de micelio en diferentes materiales como el cartón corrugado, aporta información valiosa sobre la compatibilidad y limitaciones del material. Las observaciones meticulosas llevadas a cabo a lo largo de la experimentación, como la vulnerabilidad al exceso de humedad, ofrecen insights esenciales para futuros refinamientos del proyecto.

La propuesta de implementar un diseño de iluminación doble, que combina luces hadas y luces LED, se destaca como una propuesta única en el mercado y atractiva. Esta aplicación no sólo mejora la funcionalidad de las lámparas colgantes, sino que también introduce un elemento estético único que destaca la originalidad y la atención al detalle.

Con la propuesta de una línea de productos que complementa una lámpara colgante para una sala de comedor, este proyecto amplía el horizonte del diseño sostenible sin una complejidad innecesaria. Cada accesorio no solo complementa la lámpara, sino que también contribuye a crear un conjunto cohesivo que entrelaza la sostenibilidad con la practicidad.

Asimismo, se puede deducir que la producción de las líneas de productos DigiMob es económicamente viable, con un costo de fabricación de \$89 por una lámpara colgante a escala 1:1.5. Este costo inicial se percibe como relativamente bajo, especialmente al considerar la capacidad de utilizar el molde para la reproducción de múltiples productos. Es importante señalar

que se planean realizar ajustes al molde para optimizar la eficiencia de producción y ofrecer productos aún más atractivos y demandados por los clientes.

Como punto final, este proyecto destaca con éxito productos visualmente atractivos y funcionalmente innovadores, al tiempo que establece una base sólida para la futura exploración en el diseño de productos sostenibles. La fusión de conceptos, la experimentación reflexiva y la aplicación pragmática de principios sostenibles y técnicos en el diseño de productos resultan en una propuesta que se compagina con las normas estéticas modernas al tiempo que prioriza la responsabilidad medioambiental.

6 BIBLIOGRAFÍA

- 3D Town. (2023, diciembre 1). *Plástico PLA: Qué es, propiedades y por qué es biodegradable - 3D Town*. <https://3dtownplus.com/blog/plastico-pla-material-biodegradable/>
- Alonso, M. (2021, marzo 24). *De Stella McCartney a Hermès: los hongos son la alternativa eco al cuero*. VANITATIS. https://www.vanitatis.elconfidencial.com/estilo/moda/2021-03-24/stella-mccartney-hermes-alternavia-cuero_3000955/
- Auros. (2024). *Guía completa: el filamento PLA en la impresión 3D - AUROS Colombia*. <https://www.auros.com.co/guia-completa-filamento-pla-la-impresion-3d/>
- Barchuk, M. L., Fonseca, M. I., Giorgio, E. M., & Zapata, P. D. (2019). Efectos de pH, temperatura y tiempo de incubación sobre el crecimiento fúngico y la actividad lacasa en *Trametes villosa* BAFC 2755. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 32, 1–10. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872019000200015&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Benítez-Badillo, G., Alvarado-Castillo, G., Nava-Tablada, M. E., & Pérez-Vázquez, A. (2013). Análisis del marco regulatorio en el aprovechamiento de los hongos silvestres comestibles en México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(3), 363–374. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2012.09.055>
- BioEconomía. (2021, diciembre 15). *Los Hongos: Un Alternativa Sostenible En Las Industrias De La Construcción Y De La Fabricación De Muebles - BioEconomía*. <https://www.bioeconomia.info/2021/12/15/los-hongos-un-alternativa-sostenible-en-las-industrias-de-la-construccion-y-de-la-fabricacion-de-muebles/>

- Boullousa, N. (2010, febrero 16). *Micelios: hongos para salvar al mundo (y al ser humano)*.
*faircompanies. <https://faircompanies.com/articles/micelios-hongos-para-salvar-al-mundo-y-al-ser-humano/>
- distritooficina. (2021, noviembre 16). *Terreform One desarrolla asientos bioplásticos de sustrato de micelio*. <https://distritooficina.com/disenio/bioplasticos/>
- Dreamstime. (2024). *Sala De Estar Decorada Con Hilos De Luces De Hadas Creadas Con Tecnología De Ai Generativa Stock de ilustración - Ilustración de digital, fondo: 276847861*. <https://es.dreamstime.com/sala-de-estar-decorada-con-hilos-luces-hadas-creadas-tecnolog%C3%ADa-ai-generativa-dise%C3%B1o-interior-iluminaci%C3%B3n-y-concepto-image276847861>
- Droppelmann, V. (2022, junio 1). *Micelio: las impresionantes redes naturales de la Tierra | Ladera Sur*. <https://laderasur.com/articulo/micelio-las-impresionantes-redes-naturales-de-la-tierra/>
- Ecovative. (2021, agosto 19). *Packaging from 'mushroom plastic': Ecovative*.
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/ejemplos-circulares/envase-de-plastico-de-hongos-ecovative>
- Fuentes, I., & Monereo, C. (2020). *Bio Fabricación. Micelio como material de construcción: biocomposite en sustratos lignocelulósicos*. Escuela Técnica Superior de Madrid.
- Gráfica. (2021, mayo 18). *Bruno Munari y los fundamentos del proceso del diseño*.
<https://grafica.info/bruno-munari-y-los-fundamentos-del-proceso-del-diseno/#>
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). Advanced Materials from Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/SREP41292>

Helmer, T. (2011, marzo 5). *An interview with product designer Nathalie Dewez*. <https://creative-network.org/interviews/an-interview-with-designer-nathalie-dewez/>

Hyde, K. D., Xu, J., Rapior, S., Jeewon, R., Lumyong, S., Niego, A. G. T., Abeywickrama, P. D., Aluthmuhandiram, J. V. S., Brahamanage, R. S., Brooks, S., Chaiyasen, A., Chethana, K. W. T., Chomnunti, P., Chepkirui, C., Chuankid, B., de Silva, N. I., Doilom, M., Faulds, C., Gentekaki, E., ... Stadler, M. (2019). The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially. *Fungal Diversity*, 97(1). <https://doi.org/10.1007/S13225-019-00430-9>

Iluminoteca. (2017). *Luces de Hadas | Iluminoteca*. <https://iluminoteca.com/producto/luces-de-hadas/>

Karro, S., & Leet, K. (2022, agosto 8). *Materiales de micelio: El futuro de cultivar nuestros hogares*. arch daily.

Luzón, C. (2020). *Método de Diseño de Bruno Munari para la resolución de problemas - Metodología y Tutoriales en Don Diseño - I*. <https://www.dondisenio.es/metodo-diseno-bruno-munari-resolucion-problemas-metodologia-tutoriales-don-diseno-i/>

Mogu. (2022). *Home Mogu - mogu*. <https://mogu.bio/>

MOGU. (2024). *Raumvertraut - mogu*. <https://mogu.bio/project/raumvertraut-sauerland/>

Mycelia. (2024). *Officina Corpuscoli » The Growing Lab – Objects*. <https://www.corpuscoli.com/projects/the-growing-lab-objects/>

Pepeenergy. (2021, agosto 26). *¿Cuánto consume realmente una bombilla d tipo LED?* | Blog *Pepeenergy*. <https://www.pepeenergy.com/blog/cuanto-consume-realmente-bombilla-tipo-led/>

Punto Sustentable. (2023, julio 14). *Micelio en la arquitectura*.

<https://www.puntosustentable.com/2023/07/14/micelio-en-la-arquitectura/>

Setas de Siecha. (2024). *Hifas estructura y funciones*. <https://www.setasdesiecha.com/hifas-estructura-y-funciones.html>

Shiitake. (2024). *Micelio sobre grano vs Micelio sobre serrín: Comparativa y aplicaciones en el cultivo de hongos*. <https://shiitake.es/paso-a-paso/micelio-sobre-grano-vs-micelio-sobre-serrin-comparativa-y-aplicaciones-en-el-cultivo-de-hongos/>

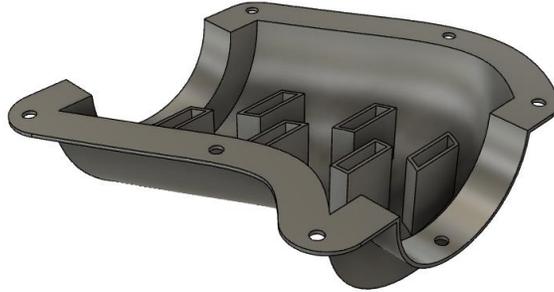
Sosa, D. (2021, enero 5). *Uso del micelio como biomaterial - Revista Mundo Diners*.

<https://revistamundodiners.com/uso-del-micelio-como-biomaterial/>

7 ANEXOS

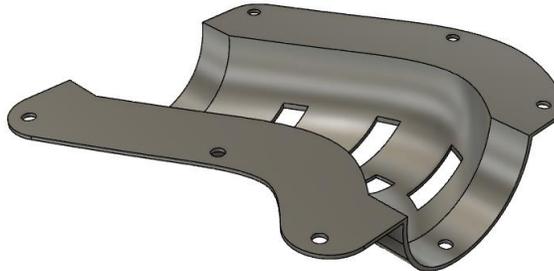
7.1 Figuras

Figura 7.1: *Representación gráfica de la parte inferior del molde 1:1.5 en modelado 3D.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.2: *Representación gráfica de la parte superior del molde 1:1.5 en modelado 3D.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.3: *Fotografía en vista superior del molde físico con pernos.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.4: *Fotografía en vista inferior del molde físico con pernos.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.5: *Fotografía en vista lateral del molde físico con pernos.*



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.6: *Fotografía en vista frontal del molde físico con pernos.*



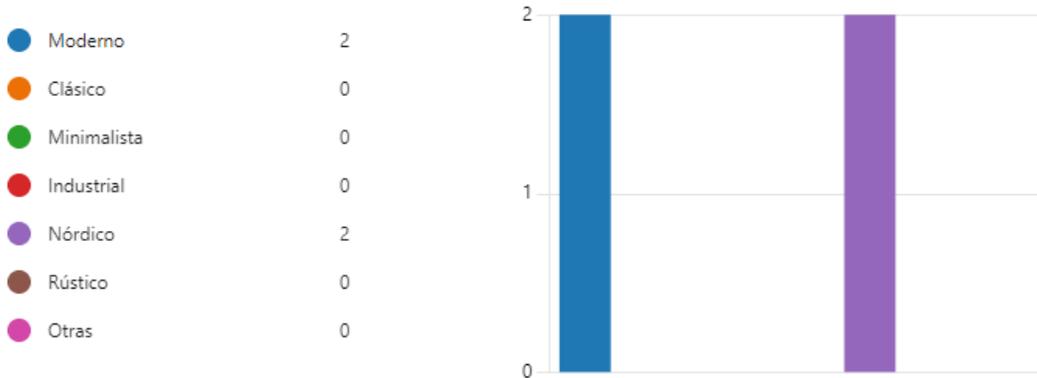
Nota. Elaboración propia, 2024.

7.2 Resultados de la encuesta

Figura 7.7: *Pregunta 1 de la encuesta realizada a diseñadores.*

4. Después de observar los renders de las tres líneas de productos, ¿Cuál estilo de diseño percibes que se adapta mejor?

[Más detalles](#)

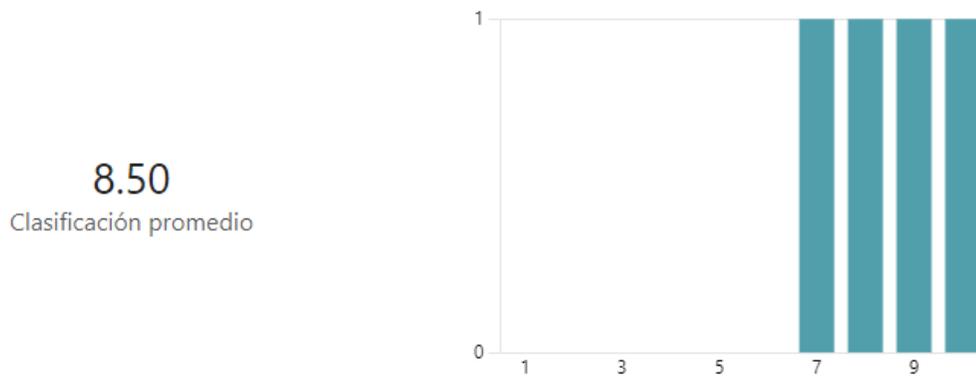


Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.8: *Pregunta 2 de la encuesta realizada a diseñadores.*

5. ¿Cómo evalúas el impacto visual de las lámparas colgantes en el contexto de un comedor, basándote en los renders proporcionados?

[Más detalles](#)

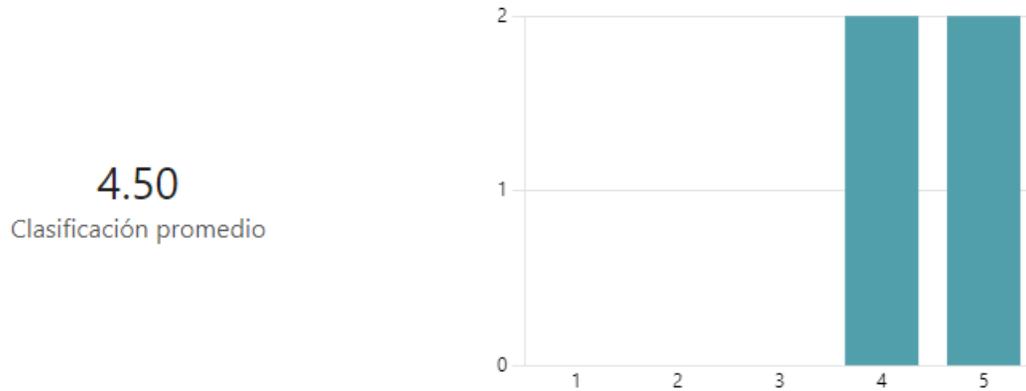


Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.9: *Pregunta 3 de la encuesta realizada a diseñadores.*

6. ¿Cómo percibes la importancia de los centros de mesa en la línea de productos DigiMob para un comedor?

[Más detalles](#)

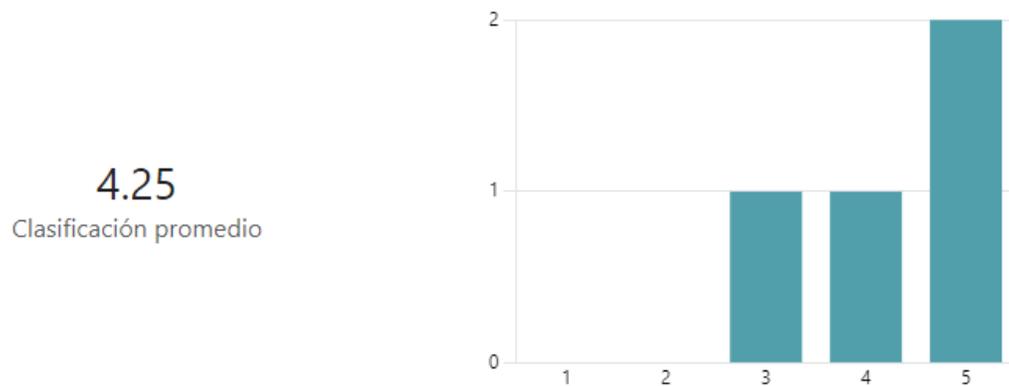


Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.10: *Pregunta 4 de la encuesta realizada a diseñadores.*

7. ¿Cómo percibes la importancia de las lámparas de mesa en la línea de productos DigiMob para un comedor?

[Más detalles](#)



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.11: *Pregunta 5 de la encuesta realizada a diseñadores.*

8. Coherencia de las 3 Líneas de Productos

4 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Si. Los tres productos comparten estilo haciendo de esto una buena composición
2	anonymous	Sí, definitivamente. La coherencia estilística entre los productos crea una composición armoniosa que refuerza la identidad única de la línea de productos.
3	anonymous	Sí, hay una coherencia estilística evidente entre los tres productos.
4	anonymous	La coherencia estilística de las líneas de productos es evidente.

Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.12: *Pregunta 6 de la encuesta realizada a diseñadores.*

9. Teniendo en cuenta que la línea de productos de DigiMob usa como material principal el composite de micelio. ¿Qué aspectos estructurales/constructivos consideras relevantes...

4 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Creo que lo relevante en este caso sería los materiales que acompañen al micelio para que su compactación sea resistente y a la vez mantenga su esencia sustentable
2	anonymous	Es crucial considerar la combinación del micelio con materiales de soporte que preserven su esencia sustentable y biodegradable.
3	anonymous	La elección de materiales acompañantes debe enfocarse en garantizar una compactación resistente, sin comprometer la integridad sostenible del composite de micelio.
4	anonymous	La elección cuidadosa de materiales de soporte que mantengan la resistencia, al tiempo que respetan la naturaleza sostenible del micelio, es un aspecto crítico en el diseño y construcción de los productos.

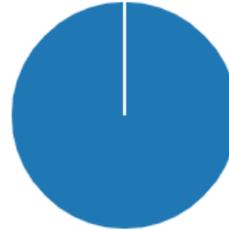
Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.13: *Pregunta 7 de la encuesta realizada a diseñadores.*

10. ¿Consideras que la apariencia de los productos refleja adecuadamente los principios de sostenibilidad, especialmente en relación con el material de micelio?

[Más detalles](#)

● Sí 4
● No 0



Nota. Elaboración propia, 2024.

Figura 7.14: *Pregunta 8 de la encuesta realizada a diseñadores.*

11. ¿Hay algún otro comentario o sugerencia que te gustaría proporcionar después de revisar los renders de los productos?

4 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Una propuesta interesante
2	anonymous	La propuesta visual es muy atractiva. Sería interesante explorar opciones de personalización para adaptarse a diferentes necesidades de los usuarios.
3	anonymous	Consideraría incorporar elementos visuales que destaquen aún más esta característica única en el poster.
4	anonymous	La propuesta es intrigante. Sería chevere explorar la posibilidad de ofrecer información adicional sobre el proceso de fabricación en el poster.

Nota. Elaboración propia, 2024.