



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial
y Diseño Industrial

Diseño de producto para iluminación bioluminiscente como
alternativa sostenible a la iluminación artificial de apoyo.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

AUTOR/A: Lacunza Arnedo, Elsa

Tutor/a: González Aurignac, Esther

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



Diseño de producto para iluminación bioluminiscente como alternativa sostenible de la iluminación artificial de apoyo

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería en
Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

Autora. Elsa Lacunza Arnedo

Tutora. Esther González Aurignac

Curso Académico 2022|2023

Resumen.

Este trabajo estudia la creación de un diseño de producto para la iluminación bioluminiscente como alternativa sostenible a la iluminación artificial. El objetivo general del trabajo es ayudar a reducir el gran impacto que la contaminación lumínica produce en nuestro entorno. También se busca promover el bienestar de los usuarios creando espacios más biofílicos que hagan reconectar al ciudadano con la naturaleza. El proyecto se apoya en los principios de Economía Circular, eliminando el empleo de componentes electrónicos que dificultan su reciclado y ofreciendo distintos ciclos de vida del objeto manteniendo así, no solo su valor físico, sino también todos los recursos utilizados en su fabricación. Mediante el diseño de este producto, asimismo se pretende concienciar al usuario sobre la necesidad de reducir el uso masivo de iluminación y la importancia de adoptar tecnologías que nos ofrezcan un futuro más sostenible.

Palabras clave.

Contaminación Lumínica ; Diseño para la Sostenibilidad ; Luminaria ; Salud ; Economía Circular

Abstrac.

This work studies the creation of a product design for bioluminescent lighting as a sustainable alternative to artificial lighting. The general objective of the work is to help reduce the great impact that light pollution has on our environment. It also seeks to promote the well-being of users by creating more biophilic spaces that reconnect citizens with nature. The project is based on the principles of Circular Economy, eliminating the use of electronic components that make recycling difficult and offering different life cycles of the object, thus maintaining not only its physical value, but also all the resources used in its manufacture. The design of this product also aims to raise user awareness of the need to reduce the massive use of lighting and the importance of adopting technologies that offer us a more sustainable future.

Key words.

Light Pollution ; Design for Sustainability ; Luminaire ; Health ;
Circular Economy

Agradecimientos.

A mi familia y amigos, quienes siempre han confiado en mí y me han brindado su apoyo incondicional en cada paso de mi camino.

También quiero dar las gracias a los profesionales que desinteresadamente compartieron su conocimiento y experiencia para que este proyecto fuera posible. A Manuel García Gil, por su valiosa ayuda en la comprensión de la Contaminación Lumínica. A Francisco Rodríguez Hernández, por su amable asistencia en el estudio de la bioluminiscencia. Y a Daniel Roca San Juan, por su generosa explicación de la quimioluminiscencia.

Un agradecimiento especial a mi tutora, Esther, cuyo apoyo, entusiasmo y dedicación fueron fundamentales a lo largo de todo el proceso. Gracias por compartir tus conocimientos sobre el diseño para la sostenibilidad y por ser una guía constante en este proyecto.

Índice General

Memoria.	1
Pliego de Condiciones.	160
Presupuesto.	170
Planimetría.	176

01

Memoria.

Índice de Memoria

I - DEFINICIÓN DEL PROYECTO	10
1 Objeto	10
2 Alcance	11
3 Estructura	11
II - INVESTIGACIÓN PREVIA	12
4 La luz	12
4.1 Naturaleza Física de la luz	14
4.2 Características de la luz	14
4.3 Luz y percepción	16
4.4 Control de la luz	16
4.5 Clasificación de la iluminación	19
5 Métodos de iluminación artificiales tradicionales	20
5.1 Tipos de iluminación artificial tradicional	20
5.2 Beneficios de la iluminación artificial tradicional	22
5.3 Inconvenientes de la iluminación artificial tradicional	22
5.4 Conclusión	28
6 Métodos alternativos de Iluminación	28
6.1 Bioluminiscencia	29
6.2 Quimioluminiscencia	33
6.3 Conclusión	36

7 Diseño para la Sostenibilidad	36
7.1 Economía Circular	37
7.2 Diseño Biofílico	43
8 Análisis del comportamiento de los usuarios	45
9 Antecedentes de luminarias bioluminiscentes	50
9.7 Conclusiones	55
10 Estudio de mercado	56
10.1 Estudio de mercado de luminarias de salón	57
10.2 Estudio de mercado de luminarias de dormitorio	67
10.3 Síntesis de Estudio de Mercado	77
11 Conclusiones	78
12.1 Normativa y legislación	79
III - BRIEFING Y ASPECTOS A CONSIDERAR	79
12 Aspectos a considerar	79
12.2 Necesidades de la bioluminiscencia	80
12.3 Planteamiento de soluciones de movimiento	81
12.4 Público Objetivo	91
13 Briefing	95
14 Moodboards	97
IV - DISEÑO CONCEPTUAL	103
15 Primeras ideas formales	103
16 Desarrollo de conceptos	107
16.1 Versiones	107

16.2 Primeras maquetas	109
16.3 Justificación de la solución escogida	111
17 Desarrollo de la idea	112
17.1 Evaluación ergonómica	112
17.2 Modificaciones	114
17.3 Selección de materiales	115
17.4 Propuesta final	118
V - DISEÑO DE DETALLE	118
18 Descripción de la Solución Adoptada	118
19 Modelo	120
VI - RESULTADOS FINALES	121
20 Presentación final del producto	121
21 Conclusiones Finales	124
VII - BIBLIOGRAFÍA	126
VIII - ANEXOS	134
Anexo A - Entrevista Manuel García	134
ANEXO B - Entrevista Francisco Rodríguez	137
ANEXO C - Entrevista Daniel Roca	138
Anexo D - Preguntas Encuesta	141
Anexo E - Respuestas Encuesta	150

Índice de Figuras

Figura 1. Temperatura de la luz. Fuente por Lighting Spain (2023)	15
Figura 2. Gráfico de Refracción	17
Figura 3. Gráfico Reflexión.	18
Figura 4. Impacto en la calidad del sueño.	24
Figura 5. E-waste.	26
Figura 6. Playa bioluminiscente	29
Figura 7. Medusa bioluminiscente	30
Figura 8. Calamar bioluminiscente.	30
Figura 9. Reacción de la bioluminiscencia	31
Figura 10. Diagrama de Jablonski	33
Figura 11. Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2023).	36
Figura 12. Economía lineal	38
Figura 13. Diagrama de la mariposa	39
Figura 14. Espacio Biofílico (Construcía, 2020)	43
Figura 15. Gráficas Satisfacción con la Iluminación Tradicional	46
Figura 16. Gráficas Cooperación Encendido	46
Figura 17. Gráficas Disposición Económica	47
Figura 18. Gráficas opinión sobre los efectos de la Contaminación Lumínica	47
Figura 19. Gráfica Opinión Efecto de la Luz Artificial en la Salud	47
Figura 20. Gráfica Estudio Comportamiento Componente Electrónico	48
Figura 21. Gráficas Comportamiento Reciclaje	48

Figura 22. Gráficas Disposición Comportamiento Sostenible	48
Figura 23. Gráfica Preferencia Ubicación Lámpara Bioluminiscente	49
Figura 24. Gráfica Fiabilidad Lámpara Bioluminiscente	49
Figura 25. Luciérnagas como Luminaria (Vidal, 2015)	50
Figura 26. Bioluminescent Lamp (4N4DESIGN, 2003)	51
Figura 27. Ambio (Van Dongen, 2014)	52
Figura 28. Dino Pet (KickStarter, 2014)	53
Figura 29. Glowpolis (Glowee, 2023)	54
Figura 30. Bio Lure (Nyoka, 2023)	55
Figura 31. Pantalla Lámpara Figuera	57
Figura 32. 767 Lunar (Bicycle Glass Co, 2023)	58
Figura 33. Scraplights Hive Pendant (Lumens, 2023)	59
Figura 34. Eris Suspension (LZF Lamps, 2023)	60
Figura 35. Bamboo Lámpara Colgante S Black (El Maestro de la Iluminación, 2023)	61
Figura 36. Lámpara MET Stand Alone & Wall (Modo Barcelona, 2023)	62
Figura 37. Tea (Kartell, 2023)	63
Figura 38. Polaris (Ole Lighting, 2023)	64
Figura 39. W163 Lampyre t1 (Wastberg, 2023)	65
Figura 40. Table Lamp Nuage S (Nowodvorski Lighting, 2023)	66
Figura 41. Lámpara de mesa Elenita (Gobo, 2023)	67
Figura 42. Dome Shaped Handwoven Bamboo Pendant Lampshade (Lanna Passa, 2023)	68
Figura 43. Oval Table Lamp (Burrow, 2023)	69
Figura 44. Sofie Table Lamp (Honey & Ivy, 2023)	70

Figura 45. Abby Bowl Table Lamp (Honey & Ivy, 2023)	71
Figura 46. Callisto Gold Table Lamo Duo (Collectiviste, 2023)	72
Figura 47. Damini Recycled Glass Table Lamp (Nkuku, 2023)	73
Figura 48. Beam (Contardi, 2023)	74
Figura 49. Jute Glass (Britop Lighting, 2023)	75
Figura 50. Smart Table (Aclara Lighting, 2023)	76
Figura 51. Matriz de posicionamiento	77
Figura 52. Experimento Péndulo con un punto	83
Figura 53. Experimento Péndulo con Dos Puntos	84
Figura 54. Experimento Equilibrio	85
Figura 55. Experimento Giro	86
Figura 56. Experimento Gravedad	87
Figura 57. Experimento Balanceo	88
Figura 58. Experimento Agitación	89
Figura 59. Aproximación Maqueta Experimento Gravedad	90
Figura 60. Moodboard 1	98
Figura 61. Moodboard 2	99
Figura 62. Moodboard 3	100
Figura 63. Moodboard 4	101
Figura 64. Moodboard 5	102
Figura 65. Bocetos 1-20	104
Figura 66. Bocetos 21-44	105
Figura 67. Bocetos 45-64	106
Figura 68. Bocetos 65-75	107

Figura 69. Versiones Concepto 1	108
Figura 70. Versiones Concepto 2	108
Figura 71. Versiones Concepto 3	108
Figura 72. Maquetas Concepto 1	109
Figura 73. Maqueta Concepto 1.1	109
Figura 74. Maqueta Concepto 1.2	109
Figura 75. Maqueta Concepto 1.3	110
Figura 76. Maqueta Concepto 1.4	110
Figura 77. Maqueta Concepto 1.5	110
Figura 78. Maqueta Concepto 2	111
Figura 79. Solución Escogida	111
Figura 80. Tabla con las medidas de la mano (Melo, 2010)	112
Figura 81. Tabla con las medidas principales de la mano (Melo, 2010)	113
Figura 82. Ángulos de Confort	113
Figura 83. Modificaciones	114
Figura 84. Propuesta Final	118
Figura 85. Organismos Bioluminiscentes (BioGlow, 2023)	119
Figura 86. Elemento Central	119
Figura 87. Recipiente	120
Figura 88. Render Luminaria	121
Figura 89. Luminaria en diferentes ambientes	122
Figura 90. Segundo uso	123

Índice de Tablas

Tabla 1. Temperatura del color y sus aplicaciones (Castro Guaman & Posligua Murillo, 2015)	15
Tabla 2. Percepción del entorno y la temperatura de color (Castro Guaman & Posligua Murillo, 2015)	16
Tabla 3. Obtenido de (Caminos, 2011)	17
Tabla 4. Ventajas e Inconvenientes de los principales tipos de iluminación.	21
Tabla 5. Experimentación: Péndulo con un punto	83
Tabla 6. Experimentación: Péndulo con Dos Puntos	84
Tabla 7. Experimentación: Equilibrio	85
Tabla 8. Experimentación: Giro	86
Tabla 9. Experimentación: Gravedad	87
Tabla 10. Experimentación: Balanceo	88
Tabla 11. Experimentación: Agitación	89

I - DEFINICIÓN DEL PROYECTO

1 Objeto

La importancia de la iluminación en la vida humana es innegable, habiendo evolucionado desde la dependencia de la luz natural durante el día hacia un mundo iluminado las 24 horas. Sin embargo, este acceso constante a la luz ha dado lugar a un uso excesivo de la electricidad y al problema creciente de la contaminación lumínica. Aunque generalmente asociamos la contaminación lumínica con la pérdida de la visión del cielo estrellado, sus repercusiones van mucho más allá. Los ecosistemas, tanto en términos de fauna como de flora, no están preparados para una exposición constante e intensa a la luz artificial, lo que altera sus patrones naturales y desencadena una serie de cambios preocupantes. Además, cabe mencionar que el cuerpo humano no está naturalmente adaptado a esta constante exposición a la luz artificial, la cual puede influir directamente en nuestros patrones de sueño y dar lugar a una serie de enfermedades y trastornos.

Estos desafíos nos instan a reflexionar sobre cómo utilizamos y abusamos de la luz en nuestra vida diaria, fomentando la búsqueda de soluciones más conscientes y sostenibles a la iluminación tradicional. Sin embargo, este llamado a la conciencia no solo se circunscribe al ámbito de la iluminación, sino que se extiende a una comprensión más amplia del excesivo consumo de recursos en todas sus formas. En este contexto, la luminaria que se aborda en este informe busca servir como un ejemplo y un impulso para promover un consumo responsable.

El propósito fundamental de este proyecto radica en el desarrollo de una luminaria que, al hacer uso de fuentes alternativas de iluminación, mejore la calidad de la iluminación en el hogar, contribuyendo a crear un ambiente seguro y relajante. Además, busca promover actitudes que fomenten hábitos de sueño más saludables y comportamientos más conscientes con el medio ambiente. Para lograrlo, es esencial que la luminaria sea diseñada desde una perspectiva de sostenibilidad, aplicando los principios de la Economía Circular sin sacrificar su funcionalidad ni su estética. El objetivo es que esta luminaria pueda adaptarse a diversos entornos y perdure en el tiempo, estableciendo un vínculo emocional con quienes la utilizan. Sin embargo, el propósito central de este proyecto se encuentra en la misión de crear conciencia a través de la luminaria, destacando cómo nuestras decisiones y acciones presentes están poniendo en peligro las necesidades y el bienestar de las generaciones futuras. Se pretende que la luminaria se convierta en un medio para comunicar este mensaje y recordar la importancia de adoptar prácticas más sostenibles en todos los aspectos de la vida.

2 Alcance

El alcance de este proyecto se extiende a lo largo de diversas fases de diseño y desarrollo de una luminaria alimentada por fuentes alternativas de iluminación. Estas etapas comprenden desde la concepción inicial hasta la fabricación y evaluación final del producto. Cada fase requiere un enfoque meticuloso y creativo para garantizar que la luminaria cumpla con los estándares de calidad y sostenibilidad.

En particular, el proyecto se centra en la aplicación de los principios de la Economía Circular. Esto implica la selección cuidadosa de materiales y procesos de producción que minimizan el impacto ambiental y promueven la reutilización y el reciclaje. Además, se considera la durabilidad y la longevidad del producto para reducir la generación de residuos y fomentar una mentalidad de 'usar y conservar'. Este proyecto se enfoca en abordar metas específicas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, centrándose en la reducción del consumo energético y de recursos, promoviendo la sostenibilidad ambiental y fomentando prácticas de producción y consumo responsables. Su alineación principal es con el ODS 12: Producción y Consumo Responsables, aunque también contribuye a otras metas sostenibles.

Este proyecto representa una oportunidad para exhibir mi habilidad en la resolución de desafíos y mi capacidad para evaluar críticamente los obstáculos que surgen en la ruta hacia un futuro más sostenible. Además, refleja mi compromiso con la promoción de prácticas responsables que beneficien tanto al entorno ambiental como a la sociedad en general.

3 Estructura

Dentro del proyecto, se establece una estructura que facilitará la realización de los objetivos y la entrega de resultados satisfactorios. En general, un proyecto de diseño se compone de varios elementos, siendo la memoria el primero de ellos. Esta memoria es una recopilación exhaustiva de todo el proceso de diseño, desde su inicio hasta su conclusión, dividida en seis secciones principales:"

I- **Definición del proyecto.** En esta fase inicial, se establecen las directrices que delimitan el ámbito de actuación del proyecto, que consiste en el desarrollo de una luminaria. Además, se establecen los fundamentos que servirán como punto de partida para llevar a cabo la investigación.

II- **Investigación Previa.** La investigación inicial es esencial para comprender el comportamiento de la luz y conocer la iluminación artificial convencional. También se profundiza en el estudio de alternativas a la iluminación tradicional, analizando su funcionamiento para su implementación en la luminaria. Se abordan principios de Economía Circular y se analizan productos existentes en el mercado para un diseño para la sostenibilidad. Todo este proceso se relaciona con la comprensión de las necesidades y preferencias de los usuarios para ajustar el producto a sus requerimientos.

III- **Briefing y Aspectos a Considerar.** En esta fase, se considera la normativa vigente, se definen los requisitos del proyecto y se exploran diversas inspiraciones estéticas y soluciones mediante Moodboards para orientar el diseño.

IV- **Diseño Conceptual.** Basándonos en lo analizado previamente, se materializarán las ideas iniciales a través del bocetado, desarrollando los conceptos más prometedores. Se confeccionarán maquetas para visualizar la funcionalidad y forma de las propuestas, realizando ajustes según sea necesario. Además, se evaluarán los materiales adecuados y se presentará la propuesta final para la luminaria.

V- **Diseño de Detalle.** Se llevará a cabo un diseño minucioso de la luminaria, abordando con detalle sus soluciones técnicas y los procedimientos necesarios para su fabricación. Esto garantizará la viabilidad y eficacia del producto final, asegurando su calidad y funcionalidad.

VI- **Resultados Finales.** En esta sección se destacarán tanto los aspectos destacables como los desafíos del proyecto, reflejando las lecciones aprendidas y los elementos críticos. Asimismo, se abordarán las restricciones y se señalarán las posibles direcciones para futuras investigaciones y desarrollos.

El segundo conjunto de documentos comprende el pliego de especificaciones, que contiene todos los datos esenciales para la preparación de la fabricación del producto. A continuación, se encuentra el presupuesto del proyecto, que engloba una estimación de los costos de producción del diseño y el precio final de venta al público. Por último, se incluyen los planos técnicos, que detallan dimensiones y características geométricas de las piezas diseñadas y del montaje.

II - INVESTIGACIÓN PREVIA

4 La luz

Según la Real Academia Española el término luz se refiere al agente físico que hace visibles los objetos. Esto se debe a que el concepto de luz mantiene una conexión antropológica directa mediante la cual las personas pueden tener una relación visual con su entorno. La luz se considera una forma de radiación electromagnética la cual tiene la capacidad de excitar la retina del ojo humano y, por ende, causar una sensación visual (Calvillo Cortés, 2010).

La iluminación es un aspecto esencial en el hogar. Se define como el flujo luminoso que cubre una superficie en metros cuadrados (Martínez, 2019). Además de su función principal que es proporcionar la luz necesaria de cualquier espacio interior, la iluminación es un elemento que puede cambiar significativamente la manera de ver un espacio. Es capaz de potenciar

los aspectos más interesantes que se quieran resaltar de un hogar o incluso disimular otros que quieran mantenerse ocultos. Puede generar distintos tipos de ambientes y sensaciones. Asimismo, el ser humano precisa de ciertas necesidades relacionadas con la iluminación (Calvillo Cortés, 2010):

- **Visibilidad.** El tamaño, el brillo, el contraste y el tiempo son aquellos atributos que determinan la visibilidad relativa de un objeto. El término refiere a la cualidad perceptible de los seres vivos para ver objetos que se encuentran a una determinada distancia. Esta podría modificarse con la edad.

- **Ejecutar correctamente diversas tareas.** A pesar de que haya muchos factores a la hora de evaluar la correcta realización de un trabajo, la iluminación puede tener una estrecha relación.

- **Ambiente y atmosfera.** La iluminación juega un papel crucial en la percepción humana de un entorno o ambiente, generando respuestas emocionales significativas. Puede evocar sensaciones de satisfacción, relajación e incluso estimulación en las personas, dependiendo de sus características específicas. La iluminación adecuada puede influir en la atmósfera de un espacio, creando un ambiente acogedor, íntimo, vibrante o tranquilo, según sea el objetivo deseado.

- **Confort visual.** Es un factor clave que influye directamente en la ejecución adecuada de tareas, así como en la salud y la seguridad de las personas. Garantizar un entorno visualmente cómodo es esencial para crear condiciones óptimas que permitan realizar actividades de manera eficiente y sin esfuerzo visual excesivo.

- **Salud, seguridad y bienestar.** La iluminación desempeña un papel fundamental en la regulación de los ciclos circadianos de las personas, ya que afecta directamente la producción de melatonina, una hormona que influye en el sueño y el estado de alerta. Una iluminación inadecuada puede perturbar estos ciclos y tener un impacto negativo en el bienestar y el funcionamiento del cerebro. Además, el alumbrado público es un elemento clave para promover una seguridad en las personas que utilizan las calles por la noche. De hecho, que la calle esté iluminada puede mejorar la seguridad vial de conductores, pasajeros, ciclistas y peatones, lo que puede proporcionar un entorno más seguro además de disminuir incidentes delictivos (Ambrose Steve, 2017).

- **Comunicación social.** Dado que gran parte de la comunicación se produce de una forma no-verbal, es (Einstein, La Física. Aventura del Pensamiento, 2016) imprescindible que haya una condición lumínica óptima en el espacio donde vaya a ocurrir. Una iluminación adecuada permite una visualización clara de expresiones faciales, gestos y otros aspectos no verbales que son esenciales para una comunicación efectiva.

- **Juicio estético como respuesta emocional.** Las personas tienen una necesidad de descubrir lo que ven y darle un sentido por lo que esto debe estar al alcance visual de los individuos, aunque sea de forma implícita.

4.1 Naturaleza Física de la luz

La luz puede interpretarse de dos formas físicamente, las cuales están relacionadas entre sí y con las cuales se puede describir el comportamiento y las propiedades de la luz: como una onda electromagnética o como una partícula.

Cuando se considera la luz como onda electromagnética, se puede visualizar una serie de crestas y valles que se propagan en el espacio. La luz visible para el ojo humano se encuentra dentro de un rango de frecuencias comprendidas entre 380 y 780 nm, donde la menor longitud de onda pertenece al violeta y la mayor al rojo. No obstante, también existen ciertos extremos que no son visibles por los humanos como las radiaciones infrarrojas y ultravioletas (Blasco Espinosa, 2016).

Por otro lado, el modelo de partícula de la luz, propuesto por Albert Einstein, sugiere que la luz está compuesta por partículas llamadas fotones (Einstein, Quantum Algebra and Symmetry, Second Edition, 2005). Estos fotones tienen propiedades de partículas, como masa y energía, y se mueven a una velocidad constante en el vacío, conocida como la velocidad de la luz.

Ambos modelos, onda y partícula, son complementarios y se utilizan para comprender el comportamiento y las características de la luz en diferentes contextos y aplicaciones.

4.2 Características de la luz

La luz presenta características particulares que la definen y ejercen influencia en la experiencia de los seres vivos y aplicación de esta en diversos contextos. A continuación, se explorarán algunas de las principales características de la luz:

- **Características de la onda.** Hay tres términos que la caracterizan: la longitud de onda, la frecuencia y la velocidad de propagación. La longitud de onda es capaz de clasificar el espectro de las radiaciones visibles. Se trata de la distancia que recorre una onda en un periodo. La frecuencia, sin embargo, concierne al número de periodos por unidad de tiempo. Tiene directa relación con la velocidad de propagación de la onda en el medio, la cual es igual en todas direcciones.
- **Intensidad luminosa.** Es una característica que se utiliza para medir la cantidad de energía que se dirige en una dirección específica. Se define mediante el diagrama polar, el cual representa la relación entre la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en un intervalo de tiempo dado y en un ángulo sólido determinado. (Espinoza Cateriano, 2022)
- **Temperatura del color.** Este término se refiere a una medida específica de la tonalidad de la luz, generalmente expresada en grados Kelvin. Esta medida no se refiere a la temperatura en sí, sino al grado de color y al tono que genera en el espacio. (Torres Quiroz et al, 2018). Es decir, su color es está relacionado con la radiación considerada. Tener en cuenta la tonalidad de la luz es fundamental a la hora de crear diferentes ambientes y establecer distintas atmósferas. La clasificación más común de temperatura de color suele ser la siguiente:

- **Luz cálida.** La luz por debajo de 3400°K es considerada cálida y consta de tonos rojizos y amarillentos. Este tono de iluminación suele emplearse cuando se quiere crear una atmósfera de hospitalidad y confort como en restaurantes, el hogar, etc.

- **Luz fría.** Se empieza a considerar que la luz es fría cuando supera los 3600°K. A esta temperatura los tonos que se perciben son blancos o azulados. Suele aplicarse en oficinas, hospitales, etc.

- **Luz de día.** Se asemeja a la iluminación exterior y suele estar comprendida sobre los 5000°K.



Figura 1. Temperatura de la luz. Fuente por Lighting Spain (2023)

A continuación, se muestra una tabla en la que se resume otra clasificación común de la temperatura de color y distinguiendo los efectos ambientales, así como los entornos donde suele aplicarse cada tipo:

Temperatura	Grados Kelvin	Efectos ambientales asociados	Aplicaciones recomendadas
Cálido	2600-3400	Amigable íntimo Personal	Restaurantes Hogar
Neutral	3500	Amigable Atrayente	Librerías Oficinas Exposiciones
Frío	3600-4900	Fresca Limpia Eficiente	Oficinas Escuelas Hospitales
Luz del día	5000	Impersonal Dinámico Limpio	Imprentas Hospitales Consultorios

Tabla 1. Temperatura del color y sus aplicaciones (Castro Guaman & Posligua Murillo, 2015)

4.3 Luz y percepción

El proceso de percepción visual comienza en los ojos, donde los órganos receptores de la retina son estimulados por la luz, generando un impulso eléctrico. Este impulso se transmite a través de los axones del nervio óptico hasta llegar al cerebro, específicamente a la conexión cerebral llamada quiasma. Desde allí, la información se dirige al tálamo, que a su vez la envía al córtex visual. (Alberich, Gómez Fontanills, & Ferrer Franquesa, 2014). La corteza visual primaria es crucial para poder contar con la capacidad visual, y a que nos permite percibir y comprender la escena visual de nuestro entorno, incluyendo la forma de los objetos, las sombras y su brillo, entre otros aspectos.

La temperatura del color desempeña un papel crucial en la creación de diversos ambientes, como se mencionó anteriormente. Esto se debe a la percepción que tiene el individuo sobre la luz. El color que se escoja puede llegar a influir en la eficacia de los sistemas de iluminación, por lo que hay ciertos aspectos básicos que se deben tener en cuenta para diseñar un espacio óptimo.

Los tonos más cálidos son capaces de excitar al sistema nervioso lo que genera la percepción de un aumento de temperatura. Las tonalidades frías, sin embargo, tienen la capacidad de generar la sensación de que la temperatura en el ambiente esté disminuyendo. Asimismo, se puede destacar que los colores brillantes pueden producir sensaciones de confort y serenidad. Los colores más oscuros tienen una tendencia a crear el efecto opuesto: uno más entristecedor (Castro Guaman & Posligua Murillo, 2015). En la siguiente tabla se puede observar la relación que mantiene la temperatura del color y la iluminación en cuanto a la percepción del entorno:

Iluminancia (lux)	Temperatura de color		
	Cálida	Neutra	Fría
≤500	Agradable	Neutra	Fría
500-1000			
1000-2000	Estimulante	Agradable	Neutra
2000-3000			
≥3000	No natural	Estimulante	Agradable

Tabla 2. Percepción del entorno y la temperatura de color. (Castro Guaman & Posligua Murillo, 2015)

No obstante, es importante señalar los efectos adversos asociados a la luz con tono azulado. Esta luz azul es una de las causantes de la contaminación lumínica y las consecuencias que ello conlleva, como la alteración de los ritmos circadianos o la generación de deslumbramiento.

4.4 Control de la luz

Otro de los factores que contribuya a la contaminación lumínica es el diseño inadecuado de las luminarias. Esto se debe al poco control que se aplica sobre la luz en las luminarias, lo que propicia una fuente de luz poco eficiente. Es por ello por lo que existen distintos fenómenos físicos que se pueden aplicar para lograr un diseño de luminaria más eficiente y reducir los impactos negativos (Castro Guaman & Posligua Murillo, 2015):

- **Refracción.** Se trata de un proceso en el que un rayo de luz es redireccionado tras pasando una materia. La densidad del material del objeto en el que se genera este fenómeno influye directamente en los espectros de refracción lo que puede causar una desviación en la dirección del rayo de la luz. Es decir, cuando el rayo de luz penetra en un medio transmisor de densidad variable se crea este fenómeno. Un ejemplo podría ser cuando el rayo incide del aire a un vidrio o, por lo contrario, del vidrio al aire.

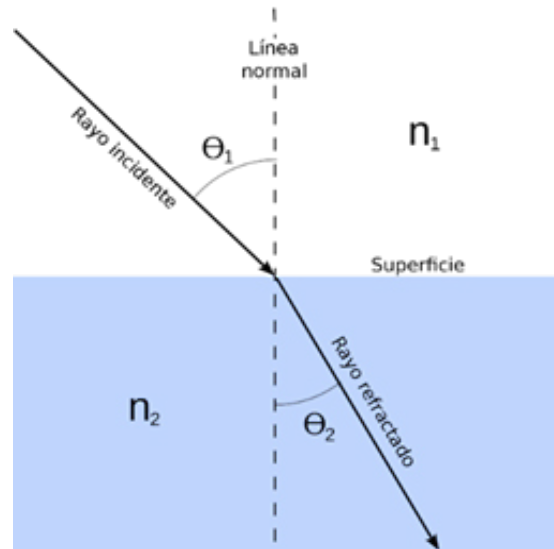


Figura 2. Gráfico de Refracción

Existe una ley fundamental de refracción la cual expone que la razón de los índices de refracción de ambos medios es equivalente a la razón de los senos de los ángulos de incidencia y de refracción. Con el término índice de refracción se refiere a la relación existente entre la velocidad a través del medio y la velocidad por el aire. Los índices de refracción más comunes pueden considerarse los siguientes (Caminos, 2011):

Material	Índice de Refracción
Aire	1
Agua	1,33
Vidrio Común	1,5 – 1,54
Cristal	1,56 – 1,78

Tabla 3. Obtenido de (Caminos, 2011)

- **Reflexión.** El término reflexión se refiere al proceso en el que en un cuerpo reflector es impactado un rayo de luz. Debido a sus atributos materiales se origina un ángulo conduciendo el rayo de luz. Es decir, la materia deniega el rayo de luz produciendo así nuevas ondas las cuales se alejan de esta. No obstante, cualquier superficie que no sea negra en su totalidad tiene la capacidad de reflejar luz. Las cualidades de reflexión de dicha superficie son las que determinan cuánta y la forma en la que esta luz es reflejada. La reactancia puede encontrarse de diversos tipos: especular, compuesta, difusa y mixta. La especular destaca por tener un ángulo de incidencia igual al de reflexión. La compuesta, en cambio, resalta por la prevalencia del flujo hacia el ángulo de reflexión. La difusa refleja hacia todos los sentidos, aunque el rayo con dirección a la normal es el que tiene más intensidad.

Por último, la mixta tiene un flujo disperso en el cual un fragmento se difunde y otro se refleja.

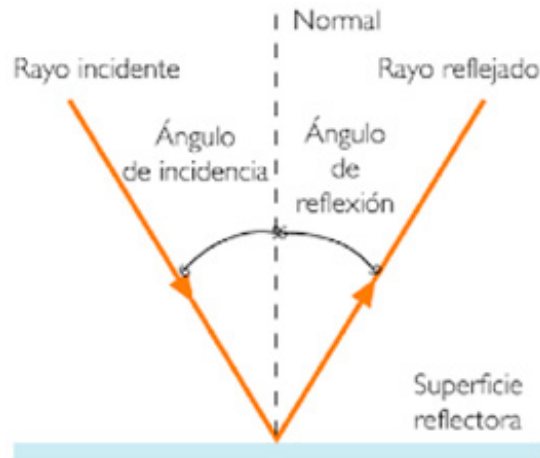


Figura 3. Gráfico Reflexión.

Todo ello hace que la elección de la tonalidad y el material sean significativamente relevantes debido a que dependiendo de las propiedades reflectantes que tengan se puede lograr un uso más efectivo de la iluminación. Tener en cuenta este fenómeno a la hora de diseñar una luminaria puede lograr un ahorro de iluminación artificial, así como evitar deslumbramientos.

- **Absorción.** Esto ocurre cuando el haz de luz se detiene en la materia. Según la materia de cada superficie se puede absorber menor o mayor cantidad del flujo luminoso. En este proceso la energía radiante se transforma en forma de calor. Tiene gran importancia la elección del color para los cuerpos ya que si la superficie es de color blanco este va a reflejar toda la luz blanca incidente. Sin embargo, si la superficie es de color negro este absorbe completamente la luz blanca.

Cuando se va a diseñar una luminaria el aprovechamiento de este fenómeno es fundamental para conseguir un confort visual ya que este absorbe el apantallamiento de las fuentes de luz. No obstante, también se debe tener cuidado para que la absorción no destruya la luz y reduzca el rendimiento de la lámpara.

- **Transmisión.** Este último fenómeno consiste en la transmisión de la luz por medio de una materia. Suele ocurrir en cuerpos transparentes o traslúcidos como vidrios, cristales, plásticos, ciertos líquidos y el aire. Durante este proceso se puede producir una transmisión parcial o total dependiendo de las cualidades de la superficie. Esta posible pérdida puede causarse ya que el rayo de luz puede ser parcialmente absorbido por el material o la reflexión en la superficie del medio siguiente. En caso de que el cuerpo fuese totalmente transparente no ocurriría el fenómeno de la difusión.

Asimismo, pueden ocurrir dos tipos de transmisión. La transmisión difusa suele ocurrir en cuerpos traslúcidos ya que cuando el rayo incide en el material permanece disperso al colisionar con el cuerpo. De esta forma, la superficie del cuerpo permanece iluminada homogéneamente. La transmisión dirigida, sin embargo, ocurre cuando los materiales son completamente transparentes y únicamente experimenta una variación a causa de la refracción normal.

4.5 Clasificación de la iluminación

Dependiendo de su función específica, la iluminación puede ser clasificada en diferentes categorías. A continuación, se explorará la clasificación de la iluminación según su función, destacando cómo cada tipo de iluminación cumple un propósito particular para satisfacer las necesidades de iluminación en diversos entornos y aplicaciones (Muñoz Gabarda, 2019):

- **Iluminación general.** Es aquella que ilumina el espacio uniformemente. Suele ser la más común en las viviendas ya que muestra el espacio en su totalidad. Se logra a través de la distribución de diferentes luminarias en el techo de lugar de manera homogénea y por encima del ojo. Esto logra que el usuario pueda moverse sin generar sombras o zonas menos iluminadas.
- **Iluminación ambiental.** Es capaz de crear ambientes diferentes normalmente por motivos decorativos. Para ello, se suelen utilizar un nivel de luminosidad más bajo. Esto se debe a que no suelen ser suficientes como para ejecutar una actividad. La utilización de la iluminación ambiental suele ser común para crear espacios más relajados.
- **Iluminación puntual o focal.** Este tipo de iluminación pretende iluminar un punto determinado del espacio sin producir deslumbramiento. Esta dirige al ojo hacia este punto concreto creando interés y dinámica en el espacio. Este tipo de iluminación suele ser un buen suplemento para la iluminación general, aunque suele ser de mayor intensidad y suele hallarse centrada.
- **Iluminación decorativa.** Suele emplearse con el fin de realzar ciertos elementos decorativos como un cuadro o una escultura. Tiende a hallarse concentrada en un punto de luz.

La clasificación de la iluminación según la direccionalidad del flujo luminoso también es fundamental para comprender cómo la luz se distribuye en un espacio y qué efectos visuales puede generar:

- **Directa.** Ocurre cuando todos los rayos se conducen hacia el suelo. El elemento que se pretende iluminar obtiene entre un 90% y 100% de la luz, por lo que se considera la iluminación con mayor rendimiento. No obstante, también es responsable de crear notablemente deslumbramiento directo.
- **Indirecta.** Este sistema de iluminación es el más similar a la luz natural. Entre un 90% y un 100% del flujo lumínico está dirigido hacia los techos y paredes, mientras que entre el 0% y el 10% de esta que conduce al suelo. Para que sea más eficiente se suele tener en cuenta que las paredes sean blancas con mucha reflectancia. No obstante, es un método con muy poca eficiencia energética y muy costoso dado que ocurren grandes pérdidas de absorción.
- **Semi directa.** En este tipo de iluminación, entre el 60% y 90% luz procede de la luminaria y el entre el 10% y 40% restante de la reflexión en las paredes y el techo. El flujo luminoso se conduce hacia el suelo, aunque este también se dirige hacia las paredes y el techo. El aspecto que más lo diferencia de la iluminación directa es que hay un menor deslumbramiento en la iluminación semi directa.

- **Semi indirecta.** Por contrario a la anterior, la iluminación semi indirecta se dirige hacia el techo y paredes entre un 60% y 90%. La luz procede de las paredes y del techo, causando un efecto de relieves en los objetos y una cantidad leve de deslumbramientos.
- **General difusa.** Es aquella iluminación que se reparte uniformemente aproximadamente 50% en indirecta y la otra mitad en directa. Esto permite que se produzca un tipo de iluminación homogéneo y sin sombras.
- **Mixta.** En comparación con la iluminación general, en vez de tratarse de una iluminación uniforme, en este caso se produce en un 40-60% hacia arriba y un 40-60% hacia abajo.

5 Métodos de iluminación artificiales tradicionales

La iluminación artificial surge como respuesta a la necesidad de compensar la falta de luz natural en diversos entornos. Ya sea para garantizar niveles de iluminación adecuados durante el día o para suplir la ausencia de luz natural en espacios interiores, su objetivo principal es proporcionar una iluminación efectiva que permita realizar actividades de manera óptima. La iluminación artificial se destaca por su capacidad para satisfacer las necesidades de iluminación en situaciones donde la luz natural resulta insuficiente o inaccesible, brindando soluciones lumínicas que promueven un ambiente funcional y confortable.

5.1 Tipos de iluminación artificial tradicional

A continuación, se clarificarán algunos de los tipos de iluminación artificial más utilizados hoy en día:

- **Iluminación incandescente.** Se basa en el principio de calentar un hilo de wolframio mediante el efecto Joule, lo cual provoca que alcance temperaturas lo suficientemente altas como para emitir luz visible. Estas lámparas están compuestas por un filamento de wolframio, también conocido como tungsteno, que se encuentra dentro de una ampolla de vidrio sellada. El filamento se conecta a un circuito eléctrico, a través del cual se le suministra corriente eléctrica. Al pasar la corriente por el filamento, este se calienta y emite luz. (Vásquez Teneda et al, 2022)
- **Iluminación de descarga.** Este tipo de iluminación se basa en el funcionamiento de las lámparas de descarga en gas, las cuales contienen en su interior gases nobles y gases de mercurio o sodio, dependiendo del tipo de lámpara. Estas lámparas operan mediante la generación de una descarga eléctrica en el gas contenido en su interior. Cuando se aplica una corriente eléctrica a la lámpara, los electrones emitidos chocan con los átomos de gas presentes en el interior (Springer, Berlin, & Heidelberg, 2006).

Este choque provoca un desplazamiento de los electrones a una órbita superior con mayor potencial energético. A medida que los electrones regresan a su órbita normal, liberan la energía en forma de radiación ultravioleta. Esta excita la capa

fluorescente que recubre el interior del tubo de la lámpara, lo cual resulta en la conversión de la radiación ultravioleta en luz visible. Esta luz visible es la que se emite hacia el exterior, proporcionando iluminación .

- **Iluminación LED.** Su nombre viene dado por su acrónimo en inglés es Light Emitting Diode, lo que traducido al español se trata de diodo emisor de luz. En los últimos años se ha comenzado a introducir masivamente las lámparas basadas LEDs debido a sus grandes contribuciones (Lago, 2015). Este método tiene una eficiencia energética cuantiosamente mayor que los sistemas tradicionales. Esto genera un coste económico a su vez mucho menor. Este tipo de iluminación también consta de una versatilidad enorme y puede aplicarse en múltiples productos .

A continuación, se muestra una tabla donde se explican los diferentes particulares de los diferentes tipos de iluminación artificial destacando sus ventajas e inconvenientes (Castilla Cabanes, 2015):

	Ventajas	Inconvenientes
Incandescentes	Dimensiones reducidas. Costo reducido. Encendido instantáneo. Control del haz luminoso.	Eficacia reducida. Duración de vida limitada. Emisión de calor elevada.
Descarga de Gas	Eficacia elevada. Variedad de tonalidades. Larga durabilidad. Regulable.	Coste de adquisición medio-alto. Vida funcional reducida por encendidos mínimos. Sensibilidad a la sobretensión.
LED	Mejor rendimiento. Durabilidad elevada. Consumen menos energía. Tamaño reducido. Costos de operación reducidos. Alta resistencia. Luz direccionable. Capacidad de variabilidad en forma y colores.	Sensibilidad a calentamientos.

Tabla 4. Ventajas e Inconvenientes de los principales tipos de iluminación.

5.2 Beneficios de la iluminación artificial tradicional

La luz artificial, con sus diversos beneficios, se ha convertido en una opción invaluable en numerosas situaciones (Ramon Puyols, 2016). Su capacidad para proporcionar una iluminación constante y confiable en cualquier momento del día es un atributo altamente valorado. Ya sea en espacios interiores o en lugares donde la luz natural es limitada o insuficiente, la luz artificial brinda la capacidad de tener luz cuando y donde se necesite, asegurando una iluminación constante y confiable.

Además de su constancia, la luz artificial ofrece flexibilidad y control sin igual. Con la posibilidad de ajustar su intensidad, color y dirección, se puede crear una experiencia de iluminación personalizada y adaptarla a diferentes tareas y actividades. Desde una luz suave y cálida para un ambiente relajante hasta una luz brillante y fría para un entorno de trabajo productivo, la luz artificial permite un control total sobre la iluminación, brindando infinitas posibilidades para crear la atmósfera deseada.

La seguridad también se ve mejorada gracias a la luz artificial. Al proporcionar una visibilidad adecuada en espacios interiores y exteriores, contribuye a prevenir accidentes. En áreas públicas, calles, pasillos oscuros o lugares de trabajo, una iluminación insuficiente puede aumentar el riesgo de incidentes. La luz artificial adecuada, en cambio, ayuda a crear un entorno seguro al brindar una visibilidad óptima y reducir la probabilidad de accidentes.

5.3 Inconvenientes de la iluminación artificial tradicional

La utilización de la luz artificial conlleva una serie de inconvenientes y problemáticas que es importante tener en cuenta. Es esencial abordar estos inconvenientes y buscar soluciones sostenibles en el uso de la iluminación artificial. Mediante la adopción de tecnologías más eficientes en energía, se puede reducir el consumo energético y mitigar el impacto ambiental. Por tanto, se ve necesario investigar a fondo estos problemas para proponer soluciones adecuadas a los desafíos que enfrenta esta sociedad en la actualidad. De esta manera, se podrá abordar de manera efectiva y responsable las necesidades de iluminación y avanzar hacia un futuro más sostenible.

5.3.1 Contaminación Lumínica

La contaminación lumínica es uno de los problemas más destacables asociados con la luz artificial. Se refiere al brillo y resplandor excesivo producido por la iluminación artificial que se dispersa más allá de las áreas necesarias. Esta contaminación lumínica afecta la observación astronómica, la vida silvestre y la salud humana, además de representar un desperdicio de energía (Teikari, 2007).

La contaminación lumínica está experimentando un crecimiento acelerado que supera las expectativas. Según estudios realizados mediante la participación ciudadana durante la última década, se ha observado un aumento de aproximadamente un 10% anual en la contaminación lumínica en numerosas ubicaciones (García Gil, Contaminación Lumínica, 2023). Estos hallazgos destacan la preocupante tendencia de incremento en la emisión de luz artificial que está teniendo lugar en diversas áreas.

En la entrevista realizada Manuel García Gil (2023), especialista en sistemas de iluminación pública y estudio de la contaminación lumínica, asegura que hay 3 posibles acciones a realizar para minimizar el impacto de la contaminación lumínica (ver Anexo A):

- **Minimizar el flujo indeseado.** El diseño de los dispositivos, especialmente el diseño de las luminarias debe asegurar que el flujo de luz se dirija hacia la ubicación que se pretende iluminar. Es común que el flujo luminoso se dirija hacia abajo, minimizando así la emisión de luz hacia arriba. Esto tiene la doble finalidad de evitar una dispersión innecesaria y no causar molestias en lugares como viviendas u otros entornos sensibles, incluso cuando la luz se dirige hacia abajo.
- **Minimizar las radiaciones más nocivas.** Las radiaciones de onda corta, como el azul, son comúnmente asociadas con la iluminación artificial. Por lo general, se considera que las longitudes de onda por debajo de los 500 nm tienen un impacto significativo en el bienestar humano y la visibilidad del cielo. Esta cuestión es ampliamente aceptada y no está sujeta a controversia alguna.
- **Evitar la sobre iluminación o la iluminación no deseada.** El alumbrado público desempeña un papel fundamental como servicio esencial, ya que garantiza la seguridad y está respaldado por la ley en España. Sin embargo, para minimizar la contaminación lumínica, es necesario ajustar el uso de la iluminación pública según las necesidades de cada momento. En situaciones de alta intensidad y demanda (por ejemplo, durante horas de mayor tráfico o actividad), se debería proporcionar un nivel de iluminación adecuado, evitando excesos. No obstante, durante periodos de escasa afluencia de personas (como en la madrugada o en áreas no destinadas al ocio), el nivel de iluminación debería ser reducido significativamente. Esta propuesta se alinea con una gestión eficiente del tiempo para lograr un equilibrio adecuado.

5.3.1.1 Impacto Ambiental de los actuales sistemas de iluminación

La contaminación lumínica representa una amenaza para los organismos naturales y el equilibrio de los ecosistemas. Sin embargo, es importante comenzar por el principio. Las primeras alertas sobre la existencia de la contaminación lumínica surgieron en el ámbito de la astronomía (Negro, 2016). La luz artificial reemplaza la oscuridad natural de la noche con un brillo artificial, representado como un halo naranja que cubre las ciudades. Esto provoca la progresiva desaparición de los astros y la destrucción del paisaje celeste, según advierten los astrónomos. La deslumbrante luz artificial también impide la contemplación de la Vía Láctea, privando a la humanidad del legado cultural y emocional transmitido por generaciones anteriores. La ciencia del universo es la primera en sufrir las consecuencias de esta problemática, pero la evidencia de los efectos negativos de la luz artificial continúa acumulándose. (Zapata Giraldo, s.f.)

Es importante destacar que la contaminación lumínica no solo afecta a los seres humanos, sino también a otras formas de vida. La luz desempeña un papel vital en la vida de los organismos, tanto como fuente de información, influyendo en los ritmos circadianos y en la regulación térmica, como en la fotosíntesis y la energía disponible. La biodiversidad también se ve gravemente afectada por la contaminación lumínica. La alteración de los procesos biológicos naturales pone en peligro la subsistencia de la flora y la fauna nocturnas, lo que a su vez tiene consecuencias en la cadena alimentaria global (Negro, 2016).

En el caso de la flora, las plantas expuestas a la luz artificial experimentan diversos cambios en su comportamiento y desarrollo. Por ejemplo, tienden a marchitarse más rápidamente, retienen sus hojas por más tiempo, tienen un periodo de crecimiento prolongado y su composición se deteriora (Azman et al, 2019). Además, la intensidad de la luz urbana o suburbana causa alteraciones en el color de las hojas, así como una floración y brotación fuera de temporada, lo cual afecta su crecimiento y su capacidad para defenderse contra patógenos (Rueda Punina, 2022)

En cuanto a la fauna, la contaminación lumínica también tiene un impacto significativo en su comportamiento y procesos biológicos. La presencia de luz artificial altera actividades vitales como la búsqueda de comida, el apareamiento, la producción de crías, la migración y la comunicación (Rodríguez Font, 2006). Las aves migratorias son especialmente vulnerables, ya que la luz artificial las deslumbra y desorienta, poniendo en riesgo su supervivencia. Asimismo, los hábitats de mamíferos, reptiles, insectos y anfibios se ven perturbados por el exceso de luz artificial, lo cual interrumpe la cadena alimentaria global. La desaparición de algunos insectos también afecta la polinización, un proceso esencial para la reproducción de las plantas (Negro, 2016).

5.3.1.2 Efectos biológicos por la iluminación

Es innegable que, al momento de iluminar una actividad visual, los humanos prefieren la luz natural en comparación con la luz artificial o eléctrica. La luz natural aporta factores muy beneficiosos para el comportamiento humano. Desempeña un papel fundamental como marcador temporal en el reloj biológico del ser humano, siendo un estímulo que influye tanto en su estado de ánimo a nivel psicológico como en su funcionamiento fisiológico. A través de una iluminación adecuada, las personas pueden aumentar su productividad y rendimiento y promover su bienestar general (Kalsbeek et al, 2012).

La contaminación lumínica tiene un impacto significativo en el ciclo biológico de las personas (Aclara Lighting, 2023). Esto abarca desde la iluminación urbana hasta la iluminación presente en nuestros hogares, como las pantallas de dispositivos electrónicos (García Gil et al, 2012). El uso prolongado y en horas tardías de dispositivos como teléfonos móviles, televisores, tabletas y computadoras puede afectar negativamente el ritmo circadiano de las personas .

Los ritmos circadianos son cambios físicos, mentales y conductuales que siguen un ciclo de 24 horas. La palabra proviene del latín "circa" (alrededor) y "dies" (día). Este ciclo es regulado por la luz solar, la cual influye en el ciclo del sueño, los hábitos alimentarios, la digestión, la temperatura corporal, la secreción hormonal y otras funciones corporales importantes (Karatsoreos, 2012). Estos procesos naturales responden principalmente a la luz y la oscuridad, y afectan a la mayoría de los seres vivos, incluyendo animales, plantas y microorganismos .

No obstante, la influencia de los ritmos circadianos en los patrones de sueño es algo que la mayoría de las personas perciben de manera consciente. Los cambios en los ritmos circadianos pueden tener un impacto directo en la calidad de sueño.



Figura 4. Impacto en la calidad del sueño. Imagen de https://www.freepik.es/foto-gratis/mujer-acostada-cama-apagando-despertador-dormitorio_3279883.htm#page=2&query=sue%C3%B1o&position=27&from_view=search&track=sph >Freepik

La luz percibida juega un papel fundamental en el ciclo sueño-vigilia. Específicamente, el componente azul de la luz solar tiene la capacidad de regular la producción de melatonina, la hormona relacionada con el sueño. La producción de melatonina es controlada por el núcleo supraquiasmático (NSQ). La información sobre la luz entrante se recibe a través de los nervios ópticos, los cuales transmiten esta información desde los ojos hacia el cerebro. (NIGMS , 2022)

Durante la mañana, la luz del sol contiene una mayor proporción de luz azul, lo cual inhibe la producción de melatonina mientras que estimula la actividad del cortisol, conocido como la hormona del estrés, lo que resulta en un mayor estado de alerta y una mejor capacidad de concentración en las personas. A medida que avanza el día, el color de la luz se vuelve más cálido, revirtiendo estos efectos. Durante las horas del atardecer, el ser humano experimenta una relajación gradual y se dispone para la fase de sueño. Con el fin de mantener una sincronización adecuada con el ritmo circadiano, es necesario que el cuerpo experimente tanto períodos de luz como de oscuridad. A continuación, se muestra una referencia sobre los niveles de luz natural exterior de la luminosidad ideal para el ser humano (Tamayo Arjona, 2019):

- **Luminosidad durante la noche.** Los niveles varían en un rango que oscila entre 0.0001 lux en un cielo nocturno nublado y 0.25 lux durante una noche despejada con luna llena.
- **Luminosidad durante el día.** Los niveles varían en un rango que oscila entre 10.000 lux y más de 100.000 lux, siendo estos valores influenciados por factores como la nubosidad y la estación del año.

Cabe destacar que no solo la luz natural, sino también cualquier fuente de luz, puede influir en el foto-entrenamiento circadiano. Hoy en día, el ser humano se dedica una considerable cantidad de tiempo a permanecer en espacios interiores. Es por ello que se debe tener en cuenta que un diseño inadecuado de la iluminación en estos espacios puede provocar alteraciones en dicho ciclo, particularmente si se combina con una exposición inapropiada a la luz durante la noche. La permanencia prolongada en entornos interiores, donde la iluminación presenta poca o nula variación, genera una perturbación en este mecanismo.

No obstante, es necesario tener en cuenta que la intensidad, duración, espectro y horarios de la exposición a la luz son los factores más relevantes que influyen en la sincronización del ciclo luz-oscuridad (Martínez-Nicolás et al, 2013). Esta variación también depende de otras variables relevantes, como la actividad física realizada antes o después, la alimentación y otros factores individuales. Es importante destacar que existen múltiples factores que influyen en la calidad del descanso, y no se limitan exclusivamente a la iluminación.

En el estudio realizado sobre la influencia de la exposición a la luz sobre el sistema circadiano (Martínez-Nicolás et al, 2013) Se pudo concluir que se encuentran asociados mejores parámetros rítmicos tanto en la temperatura periférica como en el sueño con valores elevados de intensidad luminosa durante la mañana y la tarde, así como con un adecuado contraste y estabilidad. Por otro lado, se observó que los valores elevados de intensidad luminosa media nocturna y fragmentación se relacionan con peores ritmos de sueño y temperatura periférica.

Además, las interrupciones crónicas del ritmo circadiano pueden tener la capacidad de afectar significativamente la salud de las personas. La reducción de los niveles de melatonina desempeña un papel relevante en la aparición de enfermedades y trastornos, como por ejemplo (Juan Salmerón, 2022):

Además, resulta innegable el impacto psicológico que la luz ejerce sobre los individuos,

- Cáncer
- Reproducción
- Endometriosis
- Diabetes
- Obesidad
- Depresión
- Privación del sueño
- Trastornos del espectro bipolar
- Enfermedades cardiovasculares
- Problemas gastrointestinales y digestivos
- Deterioro cognitivo

dado que tiene una influencia directa en el estado de ánimo. Un aspecto emocional de gran relevancia es la conexión visual con el entorno exterior. En la actualidad, hay productores de sistemas de iluminación artificial han desarrollado entornos luminosos artificiales dinámicos que pueden imitar el entorno exterior (Rivera Morla, 2017). Estos ambientes se utilizan en el tratamiento, tanto terapéutico como preventivo, de diversas problemáticas como trastornos del sueño, fatiga, falta de motivación, entre otros.

5.3.2 Desechos electrónicos

Los desechos electrónicos y eléctricos (e-waste), también conocidos como residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, se definen como aquellos "equipos que dependen de corrientes eléctricas o campos electromagnéticos para su correcto funcionamiento " al llegar al final de su vida útil (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023).

Paralelamente al crecimiento económico, la posesión de dispositivos electrónicos ha experimentado un rápido incremento a nivel global. A su vez, la continua innovación tecnológica ha acelerado la obsolescencia prematura de muchos productos electrónicos/ eléctricos. Esta combinación de aumento en la posesión y reducción de la vida útil ha generado un crecimiento veloz en la cantidad de aparatos electrónicos no deseados y obsoletos. Se estima que la tasa de generación mundial de residuos electrónicos ronda los 40 millones de toneladas anuales (Parlamento Europeo, 2020). La preocupación no solo radica en el volumen de residuos electrónicos generado, sino también en la lista de sustancias tóxicas asociadas a ellos. (Zhang et al, 2012).



Figura 5. E-waste. Imagen de https://www.freepik.es/foto-gratis/surtido-objetos-sucios-arrojados_15175107.htm#query=ewaste&position=1&from_view=search&track=ais >Freepik

El amplio uso y producción de dispositivos electrónicos y eléctricos, junto con la creciente contaminación ambiental y la persistencia y bioacumulación de sustancias químicas, justifican una atención especial a los residuos electrónicos como un riesgo emergente para la salud de diversas poblaciones. Resulta prudente adoptar un enfoque precautorio ante la exposición, especialmente en niños (Grant et al, 2013).

Cuando los metales pesados ingresan al organismo humano a través de diferentes vías, como la inhalación del aire, la ingestión de alimentos, la exposición a tierra/polvo y el contacto dérmico, se produce una carga corporal significativa. Los resultados pertinentes han demostrado que los metales pesados se acumulan en cinco tejidos humanos clave: placenta, sangre del cordón umbilical, sangre y suero, cabello y orina. En última instancia, esta carga de metales pesados en el cuerpo humano puede afectar la salud y dar lugar a diversas enfermedades, como el cáncer, trastornos mentales y del desarrollo neurológico, disfunción tiroidea y deterioro general de la salud física, incluyendo daños en el ADN y efectos en la expresión génica (Song & Li, 2015).

La problemática del manejo de componentes electrónicos en su etapa de reciclaje también es un desafío relevante (Nicolás Uriel, 2012). Las luces artificiales, particularmente aquellas que emplean tecnología LED, contienen elementos electrónicos que demandan un tratamiento especializado durante el proceso de reciclaje. La falta de conciencia y de infraestructuras adecuadas para el reciclaje de luces artificiales puede ocasionar la acumulación de desechos electrónicos y la liberación de sustancias perjudiciales en el entorno.

5.3.3 Consumo de Energía Desproporcionado

A pesar de los avances en eficiencia energética que se están desarrollando en el ámbito de la iluminación, sigue existiendo un consumo desmesurado de energía en el sector. Es innegable el exceso de consumo causado por la intensidad excesiva, las largas horas de funcionamiento y la distribución espectral de la luz (Díaz Sierra et al, 2020). Las tecnologías convencionales, como las lámparas incandescentes y halógenas, son ineficientes y generan más calor que luz (Arroyo & Jiménez, 2014), lo que contribuye al agotamiento de los recursos naturales y a la emisión de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático .

El Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA), a través de la iniciativa 'en.lighten', calculó que en 2010 el consumo de energía en iluminación ascendió a 2815 Teravatios-hora (TWh), aunque si no se toman nuevas medidas, se estima que el consumo aumentará a 3575 TWh en 2030. Por esta razón, el PNUMA está instando a los gobiernos a establecer estándares mínimos que garanticen la eficiencia energética y la calidad de ahorro de energía de los productos de iluminación, así como a eliminar del mercado tecnologías obsoletas. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), la iluminación representa aproximadamente el 20% del consumo global de energía eléctrica. Según estimaciones del PNUMA, reemplazar toda la iluminación ineficiente en el mundo resultaría en un ahorro de electricidad de 1044 TWh al año, lo que equivale a más de \$120 mil millones en facturas de electricidad evitadas y más de 530 millones de toneladas de emisiones de CO₂ evitadas anualmente (Saavedra et al, 2016).

El exceso de consumo de energía puede ser abordado desde diversas perspectivas. No se limita únicamente a la económica, sino que también implica el abuso y la falta de uso racional de los recursos naturales (Iberdrola, 2023). Es importante reconocer que la generación de energía eléctrica conlleva consecuencias medioambientales, especialmente cuando se utiliza combustibles fósiles o se recurre a centrales nucleares e hidroeléctricas. Estas formas de generación de energía contribuyen a la producción de CO₂, al efecto invernadero, a la disposición de residuos, a los riesgos asociados con la manipulación de reactores, a los impactos en los ecosistemas y a los cambios en las costumbres regionales y locales (United States Environmental Protection Agency, 2022). La generación de energía eléctrica tiene efectos perjudiciales para la humanidad .

No obstante, cabe destacar que en España se espera que la proporción de energía renovable en el suministro de energía primaria se incremente significativamente, pasando de menos de una sexta parte en la actualidad a casi dos tercios para el año 2050. La implementación de energía renovable, el aumento en la electrificación de los servicios energéticos y el mejoramiento de la eficiencia energética tienen el potencial de lograr más del 90% de las reducciones necesarias

en las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía. Específicamente, la energía renovable y la electrificación son responsables del 75% de dichas reducciones. Esto implica un cambio progresivo en el enfoque energético, en el cual la electricidad se convertirá en el principal vector energético, aumentando su participación en el consumo final de alrededor del 20% a casi el 50% para 2050 (Gobierno de España, 2022).

5.4 Conclusión

La forma en que percibimos y utilizamos la iluminación desempeña un papel fundamental en la manera en que abordamos los desafíos ambientales y de salud que enfrentamos en la actualidad. Es de vital importancia que tomemos conciencia de que no necesitamos tener una iluminación excesiva y constante en todas las áreas de nuestras vidas. Debemos cuestionar y reevaluar nuestra noción de confort en relación con la luz.

La contaminación lumínica, generada por el uso innecesario e ineficiente de la iluminación, tiene impactos significativos en diversos niveles. En primer lugar, afecta a la biodiversidad, interrumpiendo los ritmos naturales de las especies y alterando los ecosistemas. Además, la contaminación lumínica dificulta la observación astronómica y amenaza la preservación de uno de los recursos más preciosos que tenemos: el cielo estrellado.

La iluminación artificial convencional también contribuye a la crisis de los desechos electrónicos. Los componentes electrónicos presentes en las luces tradicionales generan una gran cantidad de residuos que deben ser gestionados adecuadamente. Esto implica no solo la preocupación por el impacto ambiental de su eliminación, sino también los riesgos para la salud asociados con la liberación de sustancias tóxicas en el proceso. Además, es evidente el uso desproporcionado de iluminación en nuestras vidas. El constante uso de la iluminación artificial, muchas veces sin una necesidad real, contribuye al consumo excesivo de energía y al desperdicio de recursos naturales. Esta situación nos urge a replantearnos nuestra relación con la iluminación y a buscar alternativas más sostenibles y saludables.

Es esencial cambiar nuestra perspectiva sobre la iluminación artificial convencional y explorar nuevas soluciones. Debemos adoptar sistemas de iluminación que sean más eficientes, respetuosos con el medio ambiente y saludables tanto para el planeta como para nosotros mismos.

6 Métodos alternativos de Iluminación

Dadas las grandes problemáticas que genera la iluminación artificial tradicional se cree conveniente investigar métodos alternativos de iluminación. Para ello, se busca una técnica que no genere residuos electrónicos y que, a su vez, no contribuya a la contaminación lumínica. Del mismo modo, el método tampoco debe causar otros factores que dañen ni la salud humana ni la salud del planeta tierra.

Entre otros posibles sistemas de iluminación en este proyecto se van a analizar la bioluminiscencia y la quimioluminiscencia. Esto se debe a que ninguno de ellos necesita componentes electrónicos para generar iluminación. Además de definir los términos mencionados se estudiará la posibilidad de que estos métodos de iluminación se puedan aplicar a una luminaria.

6.1 Bioluminiscencia

6.1.1 Definición de bioluminiscencia

La palabra bioluminiscencia viene dada por *bio* que en griego significa vida y *lumen* que significa luz en latín. Se trata del fenómeno que presentan ciertos organismos vivos de generar iluminación (San Martín Páramo et al, 2012).

La bioluminiscencia se puede encontrar en múltiples grupos de animales, desde bacterias hasta invertebrados, plantas, hongos e insectos. Es una particularidad sobre todo en las especies marinas. Cabe destacar que se estima que el 90% de los animales marinos que viven en océano abierto tienen la capacidad de crear bioluminiscencia (Frank, 2009). Esta puede encontrarse en la gran mayoría de hábitats marinos, tanto en bentónicos como en pelágicos. Principalmente se pueden encontrar en aguas profundas y en capas superficiales a lo largo de sucesos de floraciones de fitoplancton. En la segunda circunstancia, suele deberse a la presencia de diferentes especies de dinoflagelados en el fitoplancton. (SOLLA VILANOVA, 2022). Junto a las luciérnagas, los dinoflagelados son los organismos bioluminiscentes más comunes. Se trata de algas planctónicas unicelulares que producen amplias floraciones. Son los responsables de causar las luces brillantes en el agua que ven los marineros, nadadores y bañistas (Haddock et al, 2009).



Figura 6. Playa bioluminiscente

Las bacterias luminiscentes que más se han estudiado son de origen marino: *Vibrio harveyi* y *Vibrio fischeri*. La primera bacteria suele hallarse libremente en el océano o también es posible que esté relacionada con el intestino de ciertos animales marinos (Sáenz Marta & Nevárez Moorillón, 2010). La bacteria *Vibrio fischeri*, en cambio, además de los entornos mencionados también puede encontrarse en los órganos reproductores de luz de algunos calamares y peces.

Hay diversas razones por las cuales existe la bioluminiscencia entre las que se encuentran (Борисевич, 2019):

- **Comunicación entre especies.** Mediante el parpadeo de ciertas posiciones luminosas o la manera en la que están distribuidos los fósforos es posible que haya comunicación entre distintos animales. Entre otras cosas, esto puede servir

para captar a un compañero. Un claro ejemplo puede ser las luciérnagas. Las hembras quedan inmóviles mientras emiten luz con el fin de que los machos se acerquen.

- **Atracción de presas.** La bioluminiscencia también es una herramienta que suele utilizarse como trampa para sus presas.



Figura 7. Medusa bioluminiscente

- **Mecanismo de defensa.** Un claro ejemplo puede ser el uso que le dan ciertos calamares o crustáceos a la bioluminiscencia. Al igual que los calamares expulsan tinta, estos crean una especie de nube bioluminiscente para huir de un posible depredador. Lo utilizan como método de distracción y rechazo para el depredador mientras el animal huye.

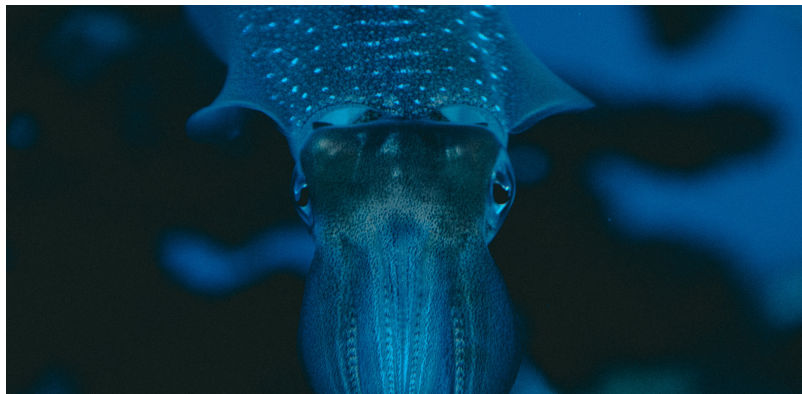


Figura 8. Calamar bioluminiscente.

Existen diferentes tipologías de bioluminiscencia (Montejo Santa Inés, 2021):

- **Bioluminiscencia intracelular.** La reacción bioquímica en este caso ocurre en el interior de la célula. Ocurre cuando un organismo bioluminiscente tiene estas células que emiten luz. Esta se puede ver por medio de piel traslúcida o tejidos que actúan a modo de lente y aumenta la luz.
- **Bioluminiscencia extracelular.** La reacción bioquímica suele producirse fuera de la célula. Los organismos con este tipo de bioluminiscencia emplean la utilización de la reacción química entre la luciferina y la luciferasa. Estas se iluminan cuando se unen.

- **Simbiosis de bacterias bioluminiscentes con organismos marinos.** Este último suele ocurrir en gusanos, moluscos o peces. Tienden a guardar bacterias luminiscentes a través de su cuerpo que suelen estar unidas a su sistema nervioso. De esta forma, estos organismos marinos son capaces de regular la emisión y utilizarlo cuando requieran de su uso.

La bioluminiscencia entre las especies marinas suele producirse debido a una reacción bioquímica en la que generalmente interfiere ATP (Adenosín Trifosfato), oxígeno molecular y luciferina (una proteína). Esta reacción se produce por un cambio de pH. Cuando ocurre una agitación en la membrana celular se trasmite al citoplasma, lo que crea un cambio de acidez en él. La luciferina sufre una oxidación que a la vez es catalizada por la enzima luciferasa. (Rivera Hernández, 2016). Esta oxidación crea una gran reacción liberando un fotón: energía en forma de luz.

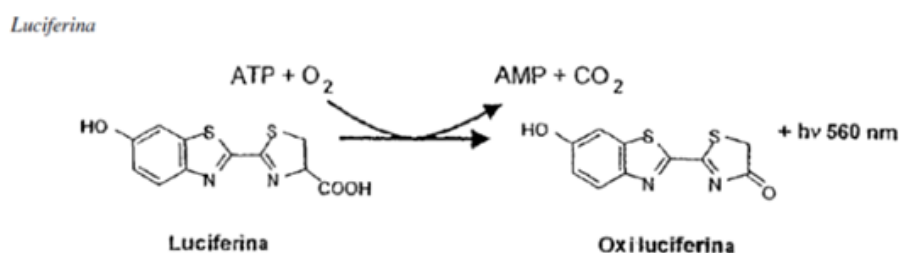


Figura 9. Reacción de la bioluminiscencia

Otro aspecto para destacar es que la bioluminiscencia tiene un ritmo que además está acoplado al ritmo circadiano explicado en la entrevista del al investigador en el Instituto Español de Oceanografía y Socio de Divulgación Francisco Rodríguez (2023). Como ejemplo podría estar el fitoplancton. A pesar de que este esté a oscuras, si es de día no se va a producir la bioluminiscencia. Para que ocurra las bacterias necesitan estar en su fase nocturna. Es decir, solo se produce cuando "sienten" que es de noche. Además, Rodríguez (2023) comenta que estando en un laboratorio se puede apreciar cómo la intensidad de bioluminiscencia va aumentando hasta un máximo y luego decae (ver Anexo B). Suele ocasionarse más luz cuando estos organismos están recién sembrados o ya no están tan activos.

6.1.2 Necesidades de los organismos para generar iluminación

Con el fin de que cualquier organismo marino sobreviva, se requiere un equilibrio perfecto de nutrientes orgánicos e inorgánicos, así como de gases (O₂ y CO₂). Asimismo, para poder mantener un cultivo de fitoplancton y zooplancton. Para el fitoplancton primero se debería ajustar un medio con nutrientes (NO₃⁻, NO₂⁻, PO_{3,4}⁻) y CO₂ (ya que se trata de organismos autótrofos) (Lindsey & Scott, 2010). Para mantener el zooplancton, sería suficiente con controlar los niveles de O₂ que produce el fitoplancton, que utiliza el zooplancton para respirar (el zoo se alimenta del fitoplancton). Además, habría que controlar la salinidad y la temperatura del agua .

6.1.3 Beneficios de la bioluminiscencia aplicada a una lámpara.

Anteriormente se han comentado varios de los beneficios que aportaría la utilización de la bioluminiscencia aplicada a una luminaria. Podría ser clave contra la lucha de la contaminación lumínica y todo lo que ello conlleva como por ejemplo la salud humana, la destrucción de biodiversidad y la visibilidad de los cielos estrellados. Del mismo modo, hay una serie de beneficios adicionales:

- **Sostenibilidad energética.** La bioluminiscencia aprovecha la capacidad natural de los organismos vivos para producir luz, lo que la convierte en una fuente de iluminación sostenible. No se requiere consumo de energía eléctrica externa, lo que reduce la dependencia de fuentes convencionales de energía y contribuye a la conservación de recursos.
- **Estética natural.** La luz emitida por organismos bioluminiscentes puede tener una estética única y atractiva. Las diferentes especies pueden producir colores y patrones luminosos variados, lo que permite una iluminación natural y orgánica que puede ser apreciada por su belleza y originalidad.
- **Investigación y conservación.** El estudio de la bioluminiscencia tiene aplicaciones en investigación científica, biotecnología y conservación de especies. Al utilizar la bioluminiscencia en lámparas, se promueve el interés y la valoración de la biodiversidad y los ecosistemas marinos, fomentando la conservación y la conciencia ambiental.
- **Innovación y creatividad.** La bioluminiscencia ofrece un amplio campo de exploración y experimentación en diseño de iluminación, permitiendo la creación de lámparas únicas y creativas que se destacan por su originalidad y carácter innovador.
- **Facilidad de reciclaje.** Al tratarse de organismos bioluminiscentes no habría necesidad de dispositivos electrónicos que produjesen luz y los cuales suelen considerarse complicados de introducir en la economía circular por los usuarios. Asimismo, estos son componentes biodegradables por lo que podría ser fácilmente desechable.
- **Facilidad de producción.** Las bacterias marinas se cultivan de forma sencilla en el laboratorio.
- **Diseño emocional.** Al tratarse de un producto vivo, la luminaria tiene potencial para crear un vínculo especial con el usuario. De esta forma se quiere lograr un diseño emocional con el cual se podría conseguir que el usuario estuviese más concienciado sobre el fin de vida del producto.

6.1.4 Limitaciones de la bioluminiscencia aplicada a una lámpara

Actualmente los estudios de la bioluminiscencia para una posible aplicación para luminaria están en desarrollo y tienen ciertas limitaciones:

- Se ilumina en un corto plazo de tiempo. Esta afirmación es variable debido a que cada cultivo es diferente. No obstante, lo que suele ocurrir en el laboratorio según cuenta Rodríguez (2023) es que si se mueve se va a iluminar al principio, pero pasado el tiempo, a pesar de seguir moviéndolo la emisión de luz irá disminuyendo. Probando con distintas cepas de la misma especie hay cultivos que brillan significativamente y otros que menos. Esto suele depender de la cantidad de luciferina que contengan y otros factores genéticos.
- Para que los organismos permanezcan vivos los usuarios deberían comprometerse a cuidar la luminaria. Es decir, deben proporcionarles los nutrientes necesarios y mantenerlos en las condiciones que necesitan los organismos del interior.

6.2 Quimioluminiscencia

6.2.1 Definición de quimioluminiscencia

La quimioluminiscencia consiste en la energía química que procede de una reacción química exérgica que se transforma en energía luminosa (Martín et al, 2010). Dicha reacción es capaz de crear la cantidad necesaria para impulsar la transición de un electrón de un estado de origen a otro excitado. Es decir, los electrones saltan de las capas más altas de los átomos a las capas más bajas. Junto al retorno del electrón al estado de origen le sigue la emisión de un fotón. (Hernández Chávez et al, 2021). A continuación, se mostrará el diagrama de Jablonski con el cual se puede observar mejor esta reacción:

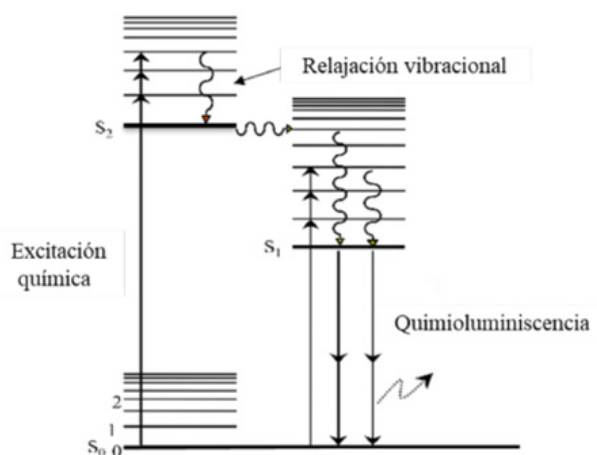


Figura 10. Diagrama de Jablonski

La disparidad principal que tiene la quimioluminiscencia frente a la fluorescencia y la luminiscencia es que no requiere una fuente de radiación de excitación. A continuación, se explicarán algunas de las reacciones quimioluminiscentes existentes más comunes (Meseguer Lloret, 2004):

- **Reacciones de luminol.** La reacción quimioluminiscente del luminol es ampliamente reconocida como una de las más conocidas en fase líquida. Esta reacción puede ser desencadenada por diversos catalizadores, que varían en su especificidad hacia diferentes agentes oxidantes. Las enzimas peroxidasa son consideradas los catalizadores más eficientes y tienen una alta afinidad por el peróxido de hidrógeno como agente oxidante. Además de las enzimas, también se pueden utilizar iones de metales de transición y sus complejos, así como la oxidación electroquímica, como activadores de la reacción. Por otro lado, la adición de moléculas potenciadoras a la solución de sustrato puede aumentar significativamente la intensidad y la duración de la emisión de quimioluminiscencia del luminol.
- **Reacciones de oxidación directa.** Existen reacciones quimioluminiscentes que resultan de la combinación de una especie dada con oxidantes y reductores fuertes en diferentes condiciones químicas. Estas reacciones han sido ampliamente utilizadas en diversas aplicaciones, como la determinación de aminoácidos, SO_2 o morfina mediante la reacción con MnO_4^- en medios ácidos y alcalinos. Además, se ha utilizado la reacción del ácido ascórbico con $Ce(IV)$, la reacción del nitrito con H_2O_2 , la reacción de la tetraciclina con Br_2 , entre otras, con el fin de obtener resultados específicos en distintos campos analíticos.

- **Reacciones con peroxioxalatos.** Son un tipo de reacciones quimioluminiscentes en las que un éster aril oxalato es oxidado por peróxido de hidrógeno en presencia de un fluoróforo. El mecanismo propuesto implica el uso de bis-(2,4,6-triclorofeniloxalato) (TCPO). Durante la reacción, se forma un intermedio de alta energía conocido como 1,2-dioxoetanodiona, que forma un complejo de transferencia de carga con el fluoróforo. En este proceso, el fluoróforo dona un electrón al intermedio y el complejo se disocia, lo que lleva al fluoróforo a un estado excitado. La emisión de luz ocurre cuando el fluoróforo regresa a su estado fundamental.
- **Reacciones con dioxoetanos.** Son peróxidos cíclicos de cuatro miembros que han sido identificados como intermediarios en diversas reacciones quimioluminiscentes. La estabilidad de estos compuestos depende de los grupos sustituyentes presentes en su estructura. A temperatura ambiente, los dioxoetanos sustituidos con grupos adecuados son estables, pero pueden sufrir una descomposición química que resulta en la emisión de quimioluminiscencia. En las reacciones quimioluminiscentes, se utilizan dioxoetanos que contienen un grupo adamantil en una parte del anillo y un grupo arílico sustituido (ArIO-X) en la otra. La estabilidad de esta molécula se pierde cuando se introduce un reactivo que provoca una reacción de transferencia de carga, eliminando el grupo X que estabiliza la estructura. Como resultado, el dioxoetano experimenta una descomposición espontánea, generando un éster arílico en un estado excitado.

6.2.2 Necesidades de la quimioluminiscencia

Como se ha explicado anteriormente se pueden emplear varios métodos para llevar a cabo la quimioluminiscencia. A continuación, se describirá el más sencillo aplicable a este proyecto, el cual fue explicado en la entrevista realizada a Daniel Roca (2023), profesor del Departamento de Química de la Universitat de València (ver Anexo C).

En este método, se utiliza luminol, un polvo blanco, y dimetilsulfóxido, un disolvente casi transparente. También se requiere una pequeña cantidad de hidróxido de sodio, posiblemente disuelto en una mínima cantidad de agua (Roca, 2023). Al mezclar y agitar estos componentes, se genera la reacción deseada. Es importante tener en cuenta que existen diferentes enfoques para realizar la reacción quimioluminiscente.

En el caso particular del luminol, los experimentos pueden llevarse a cabo a temperatura ambiente, ya que la reacción se produce rápidamente al entrar en contacto los reactivos. Aunque puede requerir cierto esfuerzo disolver el luminol, especialmente si se trata de polvo sólido, es necesario agitarlo para obtener una mezcla homogénea de los reactivos y lograr una reacción más eficiente. No se necesita aplicar calor durante el proceso. La reacción entre el luminol y el dimetilsulfóxido es simple y ocurre a temperatura ambiente.

En algunas ocasiones, se puede añadir la sustancia conocida como fluoresceína en las reacciones quimioluminiscentes con el propósito de aumentar la intensidad de la luz visible emitida. El luminol, al generar luz en el rango ultravioleta, no es perceptible por el ojo humano. Sin embargo, la fluoresceína actúa como un intermediario al absorber la energía emitida por el luminol y emitir su propia luz en el espectro visible. Esto conlleva un aumento en la intensidad de la luz que se puede percibir, mejorando así la visibilidad del fenómeno quimioluminiscente.

6.2.3 Beneficios de la quimioluminiscencia

La quimioluminiscencia, fenómeno en el cual la luz es generada a partir de reacciones químicas, se presenta como una alternativa prometedora y sostenible en el campo de la iluminación. Sus beneficios son numerosos y van más allá de la eficiencia energética. A continuación, se enumeran algunos de ellos:

- **Energía autónoma.** La quimioluminiscencia no requiere de una fuente externa de energía eléctrica. La reacción química en sí misma es capaz de generar luz, lo que la hace una opción autónoma y sin necesidad de conexiones eléctricas.
- **Durabilidad.** Las reacciones quimioluminiscentes pueden tener una vida útil prolongada. Una vez activada la reacción, la lámpara puede proporcionar una fuente de luz continua durante un período de tiempo significativo antes de que se agote la fuente de reacción química.
- **Baja huella de carbono.** La quimioluminiscencia puede ser una opción de iluminación sostenible con una baja huella de carbono. Al no requerir electricidad, no contribuye directamente a las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la generación de energía eléctrica.
- **Versatilidad de diseño.** La quimioluminiscencia permite la posibilidad de diseñar lámparas en formas y tamaños variados. Dado que la fuente de luz se basa en reacciones químicas, puede adaptarse a diferentes formas y materiales, lo que abre oportunidades para diseños creativos y personalizados.
- **Uso en condiciones extremas.** Las reacciones quimioluminiscentes pueden ser efectivas en condiciones de temperatura extrema, humedad y otras condiciones ambientales adversas. Esto podría permitir el uso de lámparas quimioluminiscentes en entornos donde las fuentes de luz convencionales no son viables.
- **Sin emisión de calor.** A diferencia de las lámparas incandescentes o halógenas, la quimioluminiscencia no produce calor significativo durante la emisión de luz. Esto puede ser beneficioso en aplicaciones donde se requiere iluminación sin generación de calor adicional, como en espacios reducidos o sensibles al calor.
- **Potencial de reciclaje.** Dependiendo de los componentes utilizados en la reacción química, las lámparas quimioluminiscentes pueden ser reciclables. Al elegir materiales adecuados y separables, se puede facilitar la gestión adecuada al final de su vida útil.

6.2.4 Limitaciones de la quimioluminiscencia

La quimioluminiscencia, como fuente de luz sostenible, ofrece beneficios significativos, pero también presenta consideraciones importantes. Además, la intensidad y la duración de la luz generada pueden variar y ser difíciles de controlar con precisión, lo que puede restringir su uso en aplicaciones que requieren una iluminación constante y uniforme. La vida útil de las reacciones quimioluminiscentes es limitada en comparación con las fuentes de luz convencionales, lo que puede implicar la necesidad de reemplazos periódicos y aumentar los costos y el mantenimiento. Asimismo, cabe destacar que la reacción de quimioluminiscencia es un proceso irreversible, lo que implica la necesidad de desechar constantemente el material químico utilizado, lo cual lo convierte en un método difícil de reciclar.

6.3 Conclusión

Una vez estudiados la quimioluminiscencia y la bioluminiscencia, viendo sus aspectos positivos y negativos, se cree conveniente realizar esta luminaria mediante el uso de bioluminiscencia. Esto se debe a que uno de los fines de este proyecto es fomentar la concienciación sobre la contaminación lumínica y todos los desastres ambientales y de salud que acarrea consigo. Se considera que la utilización de organismos vivos puede hacer de esta luminaria un elemento único y conseguir un vínculo emocional con el usuario. Además, la dificultad de reciclaje de la quimioluminiscencia es un aspecto que se ha de tener en cuenta a la hora de hacer una lámpara sostenible. Del mismo modo, es factible considerar el cultivo de fitoplancton como una opción para reducir costos a largo plazo, ya que estos organismos vivos tienen la capacidad de reproducirse.

7 Diseño para la Sostenibilidad

En la actualidad, se observa un creciente nivel de concienciación acerca de la necesidad de realizar mejoras significativas en nuestro planeta. Durante varios años, se ha llevado a cabo una lucha constante para promover acciones que impulsen un cambio positivo. Como resultado de este esfuerzo, surgieron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 y representan la agenda global más ambiciosa respaldada por la comunidad internacional. Estos objetivos se establecieron con el propósito de movilizar una acción colectiva orientada a metas comunes en áreas cruciales para el desarrollo sostenible (Gómez Gil, 2018). Los ODS abarcan una amplia gama de temas, desde la erradicación de la pobreza y el hambre, hasta la protección del medio ambiente, la promoción de la igualdad de género y el acceso a una educación de calidad, entre otros.

La adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ha brindado una plataforma global para abordar los desafíos actuales y futuros de manera integral y coherente. Cada uno de los 17 objetivos establecidos busca generar un impacto positivo en diferentes aspectos de la sociedad y el medio ambiente, reconociendo la necesidad de un enfoque interconectado y colaborativo. A continuación, se muestran los objetivos determinados:



Figura 11. Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2023).

El diseño de esta lámpara basada en bioluminiscencia tiene como objetivo abordar de manera integral varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas. A través de su funcionamiento sostenible y eficiente, se busca contribuir a la consecución de los siguientes objetivos:

- **Objetivo 3: Salud y bienestar.** Al proporcionar una iluminación suave y natural, la bioluminiscencia puede mitigar los efectos negativos en el ciclo del sueño, el estado de ánimo y el funcionamiento fisiológico. Al evitar fuentes de luz intensas y artificiales, se promueve un entorno de iluminación más saludable que favorece el descanso adecuado, el equilibrio emocional y el bienestar físico de las personas.

- **Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante.** La bioluminiscencia representa una alternativa sostenible a las fuentes de energía convencionales, ya que no requiere electricidad ni combustibles fósiles para generar luz. Al utilizar organismos vivos como fuente de iluminación, se promueve el uso de energía renovable y se contribuye a reducir la dependencia de fuentes de energía no sostenibles.

- **Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura.** La creación de esta lámpara basada en bioluminiscencia implica la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos, así como la innovación en el campo de la iluminación sostenible. Además, su diseño y fabricación pueden fomentar la creación de una industria más sostenible y responsable, impulsando la adopción de prácticas de producción y consumo responsables.

- **Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles.** La implementación de esta lámpara puede contribuir a crear entornos urbanos más sostenibles. Al proporcionar una fuente de iluminación eficiente y respetuosa con el medio ambiente, se promueve la creación de espacios públicos y privados más seguros y sostenibles, mejorando la calidad de vida de las comunidades.

- **Objetivo 12: Producción y consumo responsables.** La utilización de la bioluminiscencia como fuente de luz en esta lámpara fomenta el consumo responsable al evitar el uso de recursos no renovables y reducir el impacto ambiental asociado con la producción y eliminación de residuos de fuentes de iluminación convencionales. Además, se puede fomentar la reutilización y el reciclaje de materiales en su diseño y fabricación.

- **Objetivo 13: Acción por el clima.** Al reducir la dependencia de la energía convencional y minimizar la emisión de gases de efecto invernadero, esta lámpara basada en bioluminiscencia contribuye a la mitigación del cambio climático. Además, promueve prácticas sostenibles y conscientes para abordar el desafío climático y preservar el medio ambiente para las generaciones futuras.

El enfoque de diseño para la sostenibilidad implica la consideración de variables sociales y ambientales en el desarrollo económico de un objeto, producto o servicio. En el caso de este proyecto, es inevitable incorporar esta perspectiva, por lo que se plantean diversos aspectos a tener en cuenta en el diseño de esta luminaria, como la economía circular y el diseño biofílico.

7.1 Economía Circular

La extracción y utilización de recursos ha sido la base del desarrollo y la creación de riqueza de las sociedades. Los recursos se han utilizado, y se siguen utilizando, para proporcionar transporte, alimentos, cobijo, y todo tipo de funciones básicas en las sociedades.

La población mundial está creciendo , lo que significa que se necesitan más recursos para mantener a toda esa gente (ONU, 2022). Asimismo, el bienestar en todo el mundo también está en constante crecimiento y, a medida que crece el bienestar, también aumenta la cantidad de recursos por persona. El creciente desarrollo económico también conduce al desarrollo tecnológico, lo que implica que los productos son cada vez más complicados. Los dispositivos electrónicos, como por ejemplo un ordenador, puede llegar a contener casi toda la tabla periódica de elementos. La problemática no solo reside en la cantidad y variedad que recursos se empleen sino en la rapidez con la que se está produciendo. Todo ello puede conducir a diversas problemáticas como:

- **La disponibilidad de recursos** es una cuestión muy debatida en los círculos de productores y gobiernos. Las restricciones de la oferta pueden tener que ver con su presencia en la corteza terrestre, pero sobre todo están relacionadas con aspectos sociales, económicos y (geo)políticos. En los círculos de geólogos se llega a la conclusión de que la escasez geológica casi nunca es el problema, aunque eso puede cambiar en el futuro. Lo que inquieta es pueda resultar difícil aumentar la capacidad de producción con la suficiente rapidez, no el hecho de que no quede nada. La demanda de recursos está creciendo rápidamente y no se espera que se ralentice a corto plazo a nivel mundial.

Hay una búsqueda frenética de nuevas fuentes de materiales, no sólo en la tierra, sino también en las profundidades marinas e incluso en el espacio. Los recursos se aplican en todo tipo de productos, y cuando esos productos llegan al final de su vida útil, las probabilidades de que acaben en algún vertedero o instalación de gestión de residuos son muy altas (United Nations Environment Programme, 2019).

- **La cantidad de residuos generados crece rápidamente.** La gestión de estos enormes flujos de residuos es algo para lo que las sociedades de muchos lugares del mundo no están realmente preparadas. Y eso conduce a la contaminación en los vertederos, y a formas informales de tratamiento de residuos que no sólo son muy ineficaces, sino también peligrosas.
- Para la extracción y producción de recursos se necesita mucha **energía**. La problemática sobre la necesidad no reside en la falta de energía ya que esta no es escasa, sino la serie de impactos ambientales que conlleva su producción. El uso de la energía provoca enormes cantidades de emisiones de CO₂ dado que el sistema energético actual se basa en los combustibles fósiles.

7.1.1 Definición de la Economía circular

Hoy en día el mundo está acostumbrado a una economía lineal, la cual es responsable de la pérdida de valor de materiales, escasez de recurso, precios volátiles, residuos generados, degradación medioambiental y cambio climático (Henry, 2022).



Figura 12. Economía lineal

No se puede seguir actuando como hasta ahora y es por ello que gobiernos y empresas de todo el mundo de todo el mundo están buscando para impulsar el crecimiento futuro (Rutqvist, y otros, 2014). Las empresas ya no se están centrado principalmente en aumentar el volumen y reducir los costes mediante mayor eficiencia en las cadenas de suministro, fábricas y operaciones. Por el contrario, se limitan en repensar los productos y servicios desde la base para sus operaciones para crear una propuesta de valor más sostenible para sus clientes. Es por ello por lo que muchas empresas están comenzando a aplicar la Economía Circular como filosofía en sus empresas. El crecimiento se desvincula del uso de recursos escasos mediante una tecnología disruptiva y modelos empresariales basados en la longevidad, la renovabilidad, la reutilización, la reparación, la actualización, la renovación y el uso compartido de la capacidad.

7.1.2 Principios de la Economía circular

Para comprender los principios de la economía circular a continuación se muestra el diagrama de la mariposa (Ellen MacArthur Foundation, 2015). En él se señala el flujo continuo de los materiales biológicos mediante el círculo de valor. También se muestran ciertas posibilidades para cerrar estos ciclos técnicos: la reutilización, la reparación, la refabricación o el reciclado de productos.

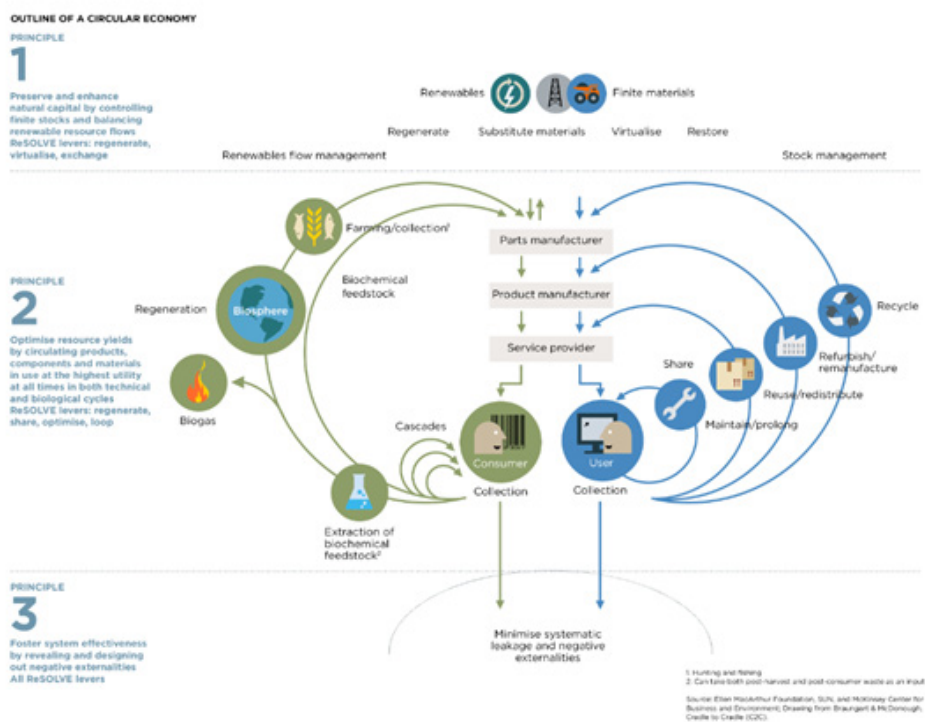


Figura 13. Diagrama de la mariposa

- **Reutilizar.** Es el circuito más cerrado del diagrama de la Economía Circular. Se pueden distinguir dos tipos de reutilización: prolongación de la vida útil e intensificación de la vida útil. El primer tipo es el más común, consistiendo en la redistribución de productos existentes de segunda mano a nuevos usuarios. La segunda, sin embargo, se basa en el uso de un único producto por parte de muchos usuarios en cortos periodos de tiempo. Estos últimos destinados a un uso intensivo del producto suelen diseñarse y fabricarse de tal forma que sean particularmente duraderos y resistentes. Hay ciertos aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar productos para que sean utilizados durante más tiempo y que puedan ser reutilizados:

- Durabilidad de los materiales y conexiones. El material que escoger es muy importante, por lo que se debe tener en cuenta la tarea para la que se va a utilizar con el producto. Es por ello que se desaconseja la utilización de materiales que con facilidad se corroen, se manchan o fallan. Aquellos elementos que estén sometidos a un esfuerzo particular deben ser especialmente resistentes.
- Facilidad de mantenimiento y reparación. Se deben evitar zonas en las que se acumule la suciedad y/o facilitar el acceso para hacer ver que los artículos parezcan más nuevos durante más tiempo.
- Normalización, compatibilidad y adaptabilidad. La sencillez y la funcionalidad suelen ser clave para que un producto continúe siendo atractivo durante más tiempo, aunque las modas cambien. La compatibilidad y la adaptabilidad desempeñan un papel fundamental en el campo de las tecnologías de la información.
- Apego del producto y confianza. Los factores sociales y emocionales pueden ser igualmente determinantes a la hora de decidir cuánto puede durar un producto en uso y durante cuánto tiempo seguirá siendo deseable en el mercado de reutilización.

La reutilización tiene potencial para solucionar la problemática de la disponibilidad de recursos dado que, prolongando la vida útil de los productos, se reduce el flujo de residuos. También se evita la producción de energía y extracción de materias primas.

- **Reparar.** La reparación es un término amplio y difícil de definir. Las actividades pueden variar entre el complejo desmontaje de un electrodoméstico para sustituir unas piezas rotas y la simple sustitución de las pilas de un mando a distancia. Esto varía mucho de un producto a otro. Sin embargo, esta dependencia se basa, en gran medida, en las decisiones de diseño tomadas al principio del proceso de desarrollo del producto. De todas formas, el diseño depende del modelo de negocio que tenga el fabricante respecto a la reparación:

- Ofrecer un servicio de reparación profesional.
- Venta de piezas de recambio.
- Reparación por los clientes.

Independientemente del modelo escogido, hay una serie de atributos que todos los productos debieran considerar:

- Fácil de abrir. Hay que intentar que, para acceder a todos los componentes, se emplee el mínimo esfuerzo posible.
- Fácil acceso. Para facilitar el acceso se debe evitar el y/o de pegamentos, soldaduras y/o agentes adhesivos. Para ello suelen aplicarse soluciones con diseño sencillos, sin necesidad de herramientas y soluciones de empuje y deslizamiento.
- Simplificar. Utilizar el menor número de elementos de unión y, de hacerlo, que sean todos del mismo tipo y tamaño.
- Diseño modular.
- Piezas y lubricantes estándar.

La reparación de los productos aumenta su vida útil, reduciendo así la necesidad de nuevos recursos para realizar nuevos productos significativamente. No obstante, sigue implicando la utilización de materiales y energía, siendo así menos deseable que la reutilización. De todas formas, sigue manteniendo un nivel de valor del producto original superior al de la refabricación o el reciclaje.

- **Refabricación.** La refabricación puede ser el principal motor de rentabilidad de muchas empresas dado que el coste de remanufactura es menor debido a la reducción de los costes de materiales, componentes, energía y mano de obra. Además, con la gran demanda actual de productos más sostenibles la refabricación puede aumentar la competitividad de la empresa. Para ello hay una serie de aspectos a tener en cuenta:

- Visión holística. Se debe tener en cuenta la optimización en todo el ciclo de vida: materia prima, producción, uso y, una vez sea el final de vida del producto, la remanufactura.

- Elección de materiales. Es aconsejable el uso de materiales de calidad que puedan utilizarse en muchas vidas y que, a su vez, puedan reciclarse.

- Facilitar el desmontaje. Como en la reparación, se deben diseñar de tal forma que se utilicen el menor número posible de herramientas y que tenga una correcta accesibilidad, preferiblemente desde un lado.

- Módulos. La división en módulos puede reducir el esfuerzo necesario para actualizar el producto. Hay que tener en cuenta que no se deben crear dependencias cruzadas entre módulos para que la actualización de uno no sea consecuencia de la obsolescencia de otro.

- Fácil de limpiar. Se deben evitar pequeños orificios o ranuras que acumulen suciedad y sean difíciles de limpiar correctamente.

- Gestión de la información. Tener los datos sobre la calidad de sus productos, la forma en que los utilizan sus clientes y las razones por las que se estropean puede ser muy valioso. Por ello, se suelen utilizar códigos de barras y códigos QR, además de sistemas para guardar datos del producto y de seguimiento del producto.

Esta actividad consigue ahorrar la cantidad de recursos utilizados, así como evitar la movilización de nuevos recursos.

- **Reciclaje.** En el reciclaje se descompone un producto en sus materias primas básicas. En este proceso no solo se destruye la energía utilizada para la creación del producto, sino que también se debe invertir nueva energía y recursos para reciclarlo. Es por ello por lo que es la última opción para la Economía Circular. No obstante, su uso es de gran importancia ya que mantiene los materiales en uso y reduce los flujos de residuos. De esta forma se evita que esos productos se eliminen como residuos en la incineración o en un vertedero. Este proceso sigue varios pasos:

1. Transporte. El producto debe ser transportado a la planta de reciclaje para ser gestionados.

2. Desmontaje en piezas. Para ello, el desmontaje debe ser lo más fácil posible para extraer los componentes. En este paso se comprueba que funcionen las piezas correctamente. Cuanto mayor sean las posibilidades de extraer las piezas de valor más posibilidades hay de que se reutilicen o se vuelvan a fabricar.
3. Extracción de piezas funcionales. Aquellas piezas sencillas de desmontar se introducirán en el proceso adecuado para fabricar nuevos productos.
4. Reciclaje de piezas restantes. Los elementos sobrantes se someterán al proceso de reciclado para separar o liberar tantos materiales diferentes como sea posible.
5. Trituración de materiales. Sirve para reducir el tamaño de los elementos con el fin de romper sus uniones y separar los materiales entre sí.
6. Clasificación de la salida. Una vez triturados, divide los materiales habitualmente por tamaño de partícula.
7. Clasificación por características físicas o mecánicas. Esta clasificación puede realizarse por distintas características como por densidad, por campo magnético, etc.
8. Extracción de materiales adecuados. Estos deben cumplir ciertos requisitos materiales para poder introducirse de nuevo en el proceso de producción.
9. Reinicio del proceso. En función de la viabilidad económica los materiales que no se han extraído vuelven al paso 5. Cabe destacar que con cada repetición las partículas serán cada vez más pequeñas por lo que probablemente requerirá una máquina diferente.
10. Eliminación de restos. Aquellos restos que no tengan suficiente valor como para justificar un tratamiento posterior se incinerarán o se transportarán al vertedero.

7.1.2 Beneficios de la Economía circular

Apostando por una economía circular se puede esperar por ciertos beneficios que pueden considerarse obvios como:

- El uso de materiales antiguos supone una reducción del uso de materiales nuevos, por lo que al menos se retrasará cualquier problema de escasez que pueda haber.
- Seguir manteniendo los productos en uso significa permite reducir los flujos de residuos y todos los problemas relacionados con ello.
- El reciclaje de materiales puede realizarse a menudo con menos energía que la producción primaria, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero.

Transitar hacia una Economía Circular tiene múltiples ventajas (Parlamento Europeo, 2023), como reducir la presión ambiental, garantizar el suministro de materias primas, impulsar la competitividad y el crecimiento económico (con un aumento potencial del PIB del 0.5%), y crear empleos (hasta 700,000 en la UE para 2030). Además, contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que los procesos industriales son responsables del 9.10% y la gestión de residuos del 3.32% de las emisiones en la UE.

7.2 Diseño Biofílico

El ser humano biológicamente ha sido estimulado por una reacción adaptativa a lo natural. De hecho, Kellert y Calabrese (2015) afirmaban que el cuerpo humano, los sentidos y la mente evolucionaron a un mundo bio-céntrico, creando así una necesidad a estar en contacto con la naturaleza. Esto se debe a que durante el proceso evolutivo el vínculo que ha tenido el ser humano con la naturaleza ha dejado memorias y huellas en su mente, comportamiento y funcionamiento fisiológico. A través de los años, se han mantenido lazos emocionales entre la humanidad y la naturaleza.

La construcción industrial de ciudades y áreas urbanas ha llevado a una clara separación entre los entornos urbanos creados por el ser humano y los espacios naturales, marcando una división notoria entre la vida urbana y la naturaleza. En estos espacios industriales dominan el cemento y el metal, lo que provoca que la relación con la naturaleza sea mínima y esporádica. Esto podría considerarse incoherente dado que en una investigación realizada por Patel (2014) indicó que el 78% de los adolescentes se sienten en un estado de ánimo superior cuando se encuentran en el exterior y cómo la biofilia repercute positivamente en ellos. Explorar el ámbito del diseño biofílico puede resultar muy conveniente en este proyecto dado que se pretende crear un reencuentro con la naturaleza.



Figura 14. Espacio Biofílico (Construcción, 2020)

El diseño biofílico trata sobre la introducción de elementos naturales en espacios urbanos y domésticos. Este nace del deseo y necesidad de una conexión con el ambiente del entorno natural, generando así un grado superior de bienestar que puede incluir mejoras en la salud física como en la salud mental. Este término también valora significativamente la experiencia del ser humano al ocupar un espacio determinado. La introducción de plantas de forma aislada no es suficiente en este movimiento. Este estilo de diseño quiere ir un paso adelante y ser capaz de crear un ecosistema donde predominan los estímulos. Pretende poder crear un ambiente que simule una atmosfera natural y dinamizar los 5 sentidos de los usuarios. Su implementación permite establecer estímulos conforme a las sensaciones sensoriales, conexión visual, percepción térmica lo cual favorece a una salud, estado psicológico y social superior.

7.2.1 Principios del diseño biofílico

El diseño biofílico se sustenta en base a tres pilares fundamentales (Arbelaez Hernández, 2020):

- **Naturaleza del espacio.** Abarca la existencia de plantas vivas, agua y animales, así como la presencia de brisas, sonidos, fragancias y otros elementos naturales.

Dentro de esta categoría, se pueden identificar siete patrones biofílicos: conexión visual con la naturaleza, conexión no visual con la naturaleza, estímulos sensoriales no rítmicos, presencia de agua, conexión con sistemas naturales, luz dinámica o difusa, y variaciones térmicas y de corrientes de aire. La naturaleza en el espacio engloba la interacción con la naturaleza en su forma más palpable, a través de elementos visibles, auditivos, olfativos y táctiles ya que estos fomentan una mayor conexión y armonía con nuestro entorno natural.

- **Analogías naturales.** Las analogías naturales exploran representaciones orgánicas de la naturaleza, no vivas ni directas. Se refieren a objetos, materiales, configuraciones, secuencias y diseños presentes en el entorno natural, que se expresan a través del arte, embellecimiento, mobiliario, decoración y tejidos para el entorno construido. En otras palabras, abordan los siguientes modelos: formas y diseños biomorfoicos; conexión de los materiales con la naturaleza; complejidad y estructura.
- **Naturaleza en el espacio.** Las configuraciones y distribuciones especiales de la naturaleza están estrechamente relacionadas con la naturaleza en el espacio. Esto implica un innato anhelo de explorar más allá del entorno inmediato, una fascinación por lo ligeramente peligroso o desconocido, y la apreciación de momentos reveladores y vistas ocultas. En ocasiones, estas configuraciones incluso pueden despertar cierta aprensión al incluir elementos de seguridad confiables. Para lograr experiencias más intensas de la naturaleza en el espacio, se crean deliberadamente configuraciones atractivas que combinan patrones de la naturaleza en el espacio con analogías naturales. Entre sus patrones biofílicos se encuentran: panoramas, refugios, misterio y riesgo-peligro. Estos elementos ofrecen una conexión emocional y una sensación de inmersión en el entorno natural, enriqueciendo así nuestra experiencia y relación con el espacio.

Otros aspectos para tener en cuenta a la hora de aplicar un entorno biofílico son:

- Conexión visual con la naturaleza
- Conexión no visual con la naturaleza
- Conexión con los sistemas naturales
- Estímulos sensoriales no rítmicos
- Flujo de aire

7.2.2 Beneficios del diseño biofílico

La aplicación de la biofilia en el ámbito de la arquitectura y del diseño puede aportar múltiples ventajas al ser humano en un espacio interior. Algunos de esos beneficios pueden considerarse los siguientes:

- **Reencuentro** con la historia del ser humano y sus orígenes.
- **Salud física.** Cuando los seres humanos son expuestos a un medio natural perciben un vínculo directo con la experiencia saludable.
- **Salud mental**
- **Medio ambiente**

Del mismo modo, la biofilia se puede descomponer en 6 principios (Espinoza Moncayo & Cabrera Guamán, 2019):

1. La introducción del vínculo con la naturaleza en un espacio es capaz de mejorar tanto la salud física como mental del ser humano debido a la adaptabilidad del este en el entorno natural.
2. Se debe mantener una conexión entre todos los elementos que crean el entorno natural. Es decir, debe haber una armonía que integre todos los componentes. En caso de que no fuese así, los elementos se convertirían en un sujeto individual o un simple objeto decorativo.
3. El diseño biofílico busca involucrar a las personas con la naturaleza, integrando procesos y características naturales en los espacios. Para lograrlo, se requiere brindar experiencias atractivas y repetitivas que beneficien la vida de los usuarios. Estas interacciones placenteras y participativas con la naturaleza en el entorno generan una sensación de bienestar que se vuelve parte esencial de su vida.
4. Se ve enriquecido al satisfacer un amplio rango de valores que las personas inherentemente poseen hacia el mundo natural. Se identifican 8 valores o formas que son intrínsecos en el ser humano y le permiten atribuir significado y apreciar el entorno natural: afecto, atracción, aversión, control, aprovechamiento, intelecto y simbolismo. Al tener en cuenta estos valores, el diseño biofílico puede crear espacios que establezcan una conexión emocional con las personas y promuevan una relación en armonía con la naturaleza.
5. Mediante diseño biofílico se consigue la creación de lazos emocionales establecidos con las estructuras, paisajes y lugares. Los seres humanos desarrollan conexiones emocionales con los espacios en los que habitan de manera habitual, ya que estos espacios les brindan confort, satisfacción, bienestar y salud. Estos espacios habitables se convierten en parte integral de su identidad. Por otro lado, la falta de un vínculo emocional con los entornos construidos tiene un impacto negativo en las personas, lo que resulta en lugares abandonados y carentes de ese apego emocional.
6. Se ve enriquecido al satisfacer un amplio rango de valores que las personas inherentemente poseen hacia el mundo natural. Se identifican 8 valores o formas que son intrínsecos en el ser humano y le permiten atribuir significado y apreciar el entorno natural: afecto, atracción, aversión, control, aprovechamiento, intelecto y simbolismo. Al tener en cuenta estos valores, el diseño biofílico puede crear espacios que establezcan una conexión emocional con las personas y promuevan una relación en armonía con la naturaleza.

8 Análisis del comportamiento de los usuarios

Con el fin de comprender el comportamiento en los usuarios se ha creado una encuesta en la que ha habido una participación 77 individuos. Esta encuesta se ha formado principalmente por jóvenes de 18 a 24 años, siendo así el 54,5% de los encuestados. No obstante, la participación de un sector más adulto también ha sido destacable ya que casi el 21% formaba parte de un rango de más de 54 años y un 13% entre 35 y 54 años. Además, cabe subrayar que el porcentaje del sexo con el que se sentían identificados los encuestados es muy parecido, siendo un 54,4% del sexo femenino y un 44,3% del sexo masculino.

En la realización de la encuesta además de conocer los hábitos de los entrevistados se ha pretendido llevar a cabo un experimento. Se ha querido comprobar si el desconocimiento sobre ciertos aspectos negativos que conciernen a la iluminación es un condicionante a la hora de comprar diferentes luminarias. Para ello, al principio de la encuesta se han hecho 4 preguntas respecto a la satisfacción de los usuarios con la iluminación tradicional y actitud frente a la posible utilización de otras alternativas. Una vez respondidas, durante la encuesta se ha ido informando sobre los diversos inconvenientes que tiene la iluminación tradicional y haciéndoles reflexionar sobre ello. Al final de la encuesta, se ha vuelto a preguntar las mismas 4 preguntas del inicio. A continuación, se analizarán las respuestas antes y después de la encuesta.

La primera pregunta consistía en numerar del 1 al 5 la satisfacción de los usuarios con el método tradicional de iluminación. Antes de conocer los inconvenientes que tenía este sistema de iluminación, la gran mayoría de los individuos se mostraban satisfechos con este obteniendo con un 45,5% una puntuación entre 4 y 5, además de un 40,3% que lo calificaba con un 3. Una vez informados, se puede comprobar que los encuestados han cambiado significativamente su opinión sobre la iluminación tradicional. Los porcentajes muestran cómo el 52% de los usuarios puntúan con un 1 o 2 este método de iluminación y un 40,3% con un 3, quedando así únicamente 6 personas que lo califiquen entre un 4 y un 5.

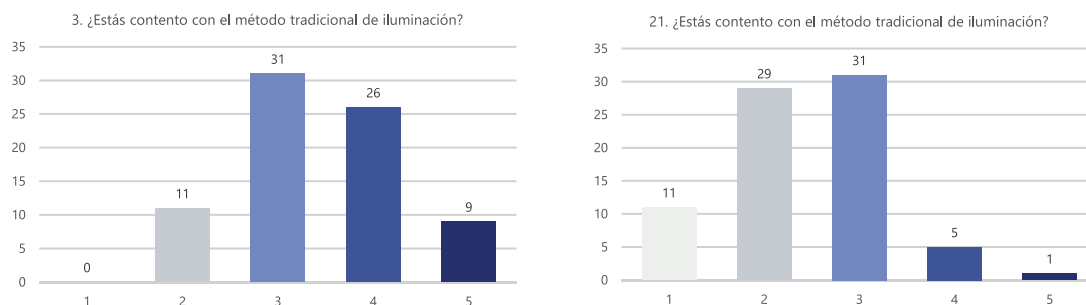


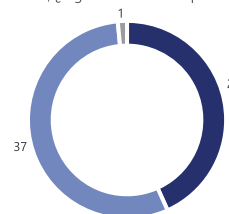
Figura 15. Gráficas Satisfacción con la Iluminación Tradicional

La segunda cuestión residía en si los usuarios están dispuestos a probar sistemas de iluminación más sostenibles. Los usuarios mostraron desde el inicio apoyo a estos sistemas más beneficiosos para el medio ambiente obteniendo con un 98,7% un sí. Esta cifra aumentó al 100% de los votos al sí al final de la encuesta.

Asimismo, teniendo en cuenta que en la bioluminiscencia necesita oxigenación para que ocurra la reacción que genera iluminación, estos dispositivos deberán tener algún tipo de agitación. Es por ello, que se ha creído conveniente preguntar cuán de dispuestos están los usuarios a comprar un dispositivo en el que tengan que realizar un pequeño esfuerzo. En esta pregunta se han visto dos conjuntos diferenciados: aquellos que sí que están dispuestos (50,6%) y aquellos que están dispuestos sin este esfuerzo es mínimo (48,1%). En la última parte de la encuesta, los usuarios se muestran más a favor de realizar el esfuerzo que haga falta. El porcentaje que sí está dispuesto ha aumentado casi un 17%, dejando así con un 31,2% a los encuestados que solo están dispuestos si la acción requiere un esfuerzo ligero.

■ Sí ■ Solamente si el esfuerzo es mínimo ■ No

5. Si para encender el dispositivo tuvieses que realizar un pequeño esfuerzo, ¿seguirías estando dispuesto a comprarlo?



23. Si para encender el dispositivo tuvieses que realizar un pequeño esfuerzo, ¿seguirías estando dispuesto a comprarlo?

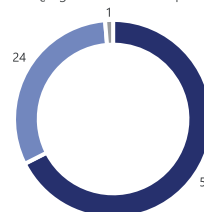
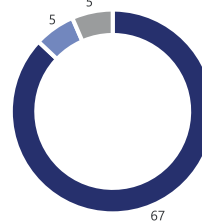


Figura 16. Gráficas Cooperación Encendido

La última pregunta consiste en si los usuarios estarían dispuestos a comprar una luminaria que iluminase mediante un método alternativo más sostenible a pesar de ser más caro. La gran mayoría de los usuarios con un porcentaje del 87% opinan que dependería del precio y únicamente el 6,5% opina que no lo compraría. Estos datos se alteran ligeramente después de la información proporcionada, reduciendo la cantidad de personas que no lo comprarían a un 3,9% y aumentando en un 11,7% las personas que sí lo comprarían.

■ Depende del precio ■ Sí ■ No

6. En caso de que este sistema fuese más caro, ¿estarías dispuesto a comprarlo?



24. En caso de que este sistema fuese más caro, ¿estarías dispuesto a comprarlo?

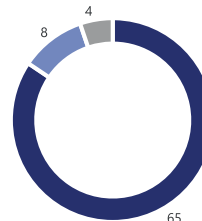


Figura 17. Gráficas Disposición Económica

8. ¿A qué crees que afecta la contaminación lumínica?

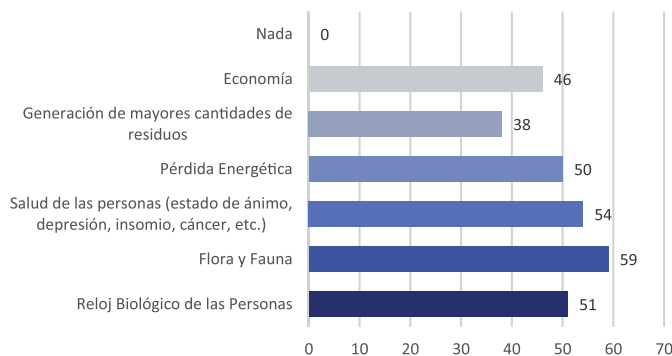


Figura 18. Gráficas opinión sobre los efectos de la Contaminación Lumínica

Mediante la encuesta también se ha querido conocer la información de la que partían los usuarios encuestados. El 15,6% de estos no sabían qué era la contaminación lumínica antes de realizar esta encuesta. Sin embargo, una vez conocido el término se ha podido comprobar que todos los encuestados opinaban que la contaminación lumínica tiene indudablemente ciertas consecuencias. Los ámbitos principales a los que opinan que este puede afectar son la flora y la fauna (75,3%), salud de las personas (70,1%), el reloj biológico de las personas (66,2%) y la pérdida energética (64,9%).

10. En caso de que lo sufras, ¿crees que el uso masivo de luz artificial puede tener algo que ver?

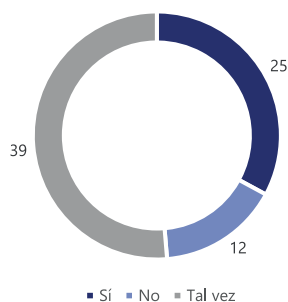


Figura 19. Gráfica Opinión Efecto de la Luz Artificial en la Salud

Además, se ha querido conocer el estado de salud en el que se encuentran los usuarios por lo que se les ha consultado qué problemas experimentan habitualmente. Se puede concluir que el 50,6% de los encuestados consideran que padecen agotamiento físico, el 44,2% nerviosismo, el 42,9% trastornos del sueño y el 39% ansiedad. Del mismo modo, se ha creído conveniente preguntar si creen que el uso masivo de luz artificial tiene algo que ver a lo que el 34,2% opina que sí y el 50% que tal vez sí.

Del mismo modo, el conocimiento sobre los comportamientos que tienen los usuarios hacia los desechos electrónicos es de gran relevancia. Una de las preguntas realizadas en la encuesta ha sido el comportamiento que suelen tener en sus hogares cuando un aparato electrónico se estropea. El 48,1% de los usuarios optan por la opción de arreglarlo favoreciendo así la economía circular mientras que el 32,5% prefieren llevarlo al vertedero.

12. Si se rompe un aparato eléctrico en tu casa, ¿qué haces con él?

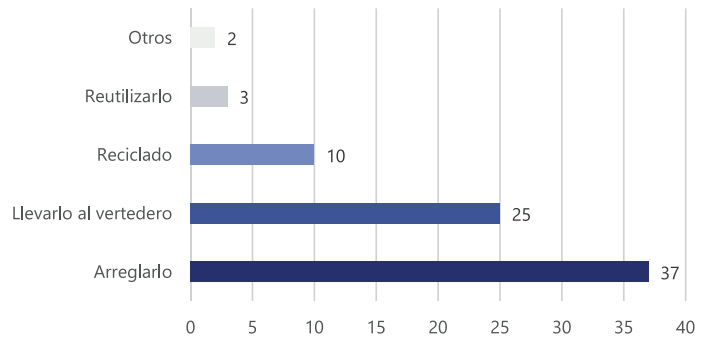
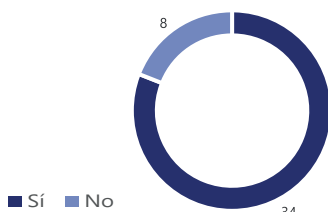


Figura 20. Gráfica Estudio Comportamiento Componente Electrónico

14. En caso de que la opción sea reciclarlo, ¿suele ser incómodo de desmontar?



15. ¿Te parece que, en general, los productos con componentes electrónicos suelen ser difíciles de reciclar o de darle una segunda vida?

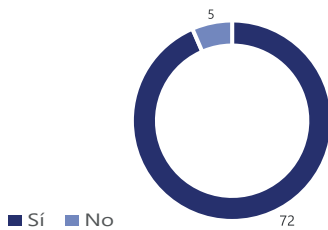
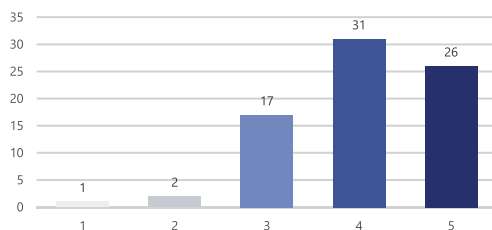


Figura 21. Gráficas Comportamiento Reciclaje

Una de las razones por las que deciden llevarlo al vertedero es debido a que los individuos no tienen el conocimiento de cómo arreglarlo. Del mismo modo el 37,8% considera que es más fácil tirarlo y comprarse uno nuevo, el 33,3% no sabe cómo se recicla y el 35,6% no sabe cómo reutilizarlo. Además, frente a la pregunta de si consideran que al reciclarlo los aparatos electrónicos tienen a ser difíciles de desmontar el 78,6% ha considerado afirmativa la respuesta. También es destacable que el 92,2% de los encuestados creen que los componentes La última pregunta consiste en si los usuarios estarían dispuestos a comprar una luminaria que iluminase mediante un método alternativo más sostenible a pesar de ser más caro. La gran mayoría de los usuarios con un porcentaje del 87% opinan que dependería del precio y únicamente el 6,5% opina que no lo compraría. Estos datos se alteran ligeramente después de la información proporcionada, reduciendo la cantidad de personas que no lo comprarían a un 3,9% y aumentando en un 11,7% las personas que sí lo comprarían.

En las últimas preguntas sobre la vida de los productos que compran se ha consultado cuán de dispuestos estarían a cambiar sus hábitos de compra del 1 al 5 (siendo 1 la menor puntuación y 5 la máxima) a unos más sostenibles a lo que casi el 75% de ellos ha contestado con un 4 o más. Además, únicamente el 1,3% ha considerado con un 2 o menos que no se comprometería a empezar a utilizar otros métodos de fin de vida del producto frente al 80,6% que ha votado con un 4 o más.

17. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, ¿estarías dispuesto a cambiar tus hábitos de compra a unos más sostenibles?



18. ¿Te comprometerías a utilizar otros métodos de fin de vida del producto? (Empezar a reutilizar los productos electrónicos, reciclarlos, etc.).

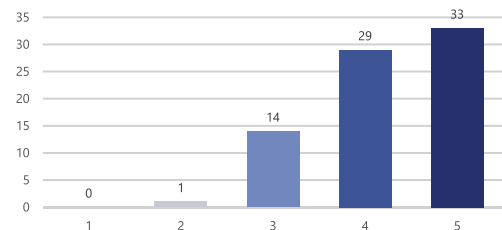


Figura 22. Gráficas Disposición Comportamiento Sostenible

Se puede observar que hay dos claras vertientes que serían de interés para los usuarios: el dormitorio y el salón. El 79,7% de las personas encuestadas respondieron que les gustaría tenerla en una mesita de noche y el 64,1% en el salón, mientras que la cocina y la oficina obtenían las peores puntuaciones con un 21,9% y un 26,6%.

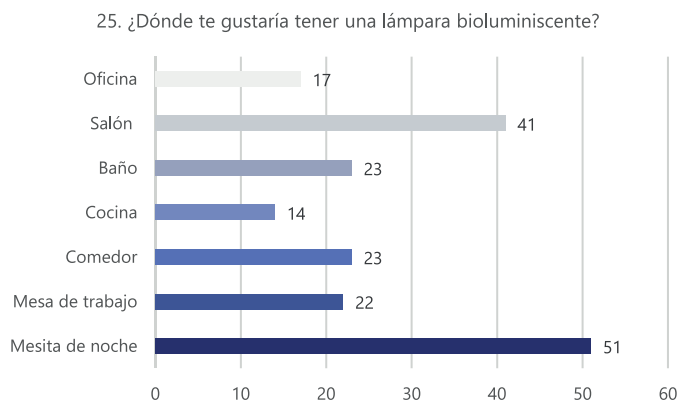


Figura 23. Gráfica Preferencia Ubicación Lámpara Bioluminiscente

Los encuestados han estimado con un 3,62/5 punto la fiabilidad que les produciría una lámpara con bioluminiscencia. No obstante, únicamente el 10,4% cree que la bioluminiscencia no puede llegar a ser la luz del futuro frente al 27,3% que opina que sí. El 62,3% restante cree que este método tal vez podría ser la luz del futuro.

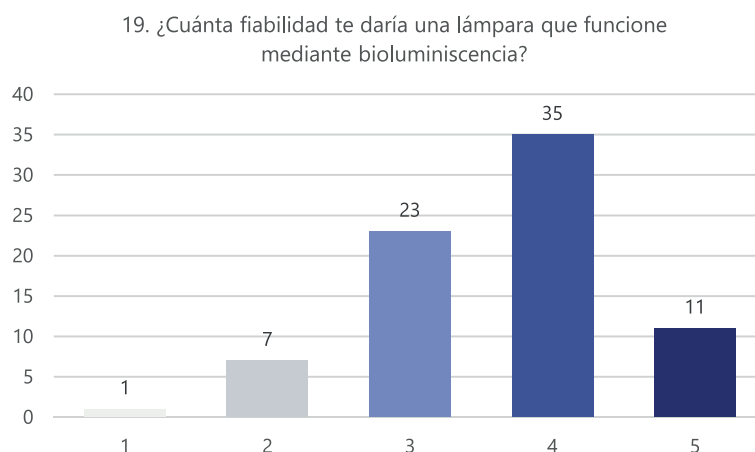


Figura 24. Gráfica Fiabilidad Lámpara Bioluminiscente

Por último, se ha querido conocer qué es lo que los usuarios más valoran de una luminaria. En el primer puesto lo que más tienen en cuenta es que esta no afecte a su salud obteniendo una puntuación de 4,5/5. Seguido se encuentra lo atractiva que sea la lámpara consiguiendo una puntuación de 4,2/5. Los dos siguientes factores con una valoración de 3,9/5 son que la luminaria sea sostenible y que sea fácil de reciclar o de darle un segundo uso.

Como conclusión del análisis de comportamiento en los usuarios se puede destacar que la encuesta pone de relieve la influencia del conocimiento en las percepciones de los usuarios. Inicialmente, la satisfacción con la iluminación tradicional era alta, pero esta opinión cambió significativamente después de recibir información sobre sus desventajas. Esto resalta la importancia de brindar a los consumidores información adecuada para tomar decisiones más informadas sobre sus preferencias y comportamientos. Asimismo, se identificaron problemas de salud como agotamiento físico, nerviosismo, trastornos del sueño y ansiedad, que algunos encuestados relacionan con el uso masivo de luz artificial, lo cual favorece a encontrar un público objetivo más amplio en el sector. Del mismo modo, la mayoría está dispuesta a cambiar sus hábitos de compra hacia opciones más sostenibles, lo que sugiere un interés creciente en prácticas responsables. Además, es importante considerar la preferencia de los usuarios en cuanto a la ubicación de la lámpara bioluminiscente, ya sea en el dormitorio o en el salón. Por último, es relevante destacar que los usuarios otorgan una calificación de 4,2 sobre 5 en términos de la atractividad de la lámpara, lo que subraya la importancia de no descuidar su aspecto visual, incluso cuando se prioriza la funcionalidad.

9 Antecedentes de luminarias bioluminiscentes

Se considera esencial realizar un análisis en relación con los antecedentes que han existido en luminarias que operan mediante bioluminiscencia, así como comprender la evolución que ha tenido lugar en este ámbito. Esta evolución se expondrá desde la creación de la primera lámpara bioluminiscente hasta las luminarias que en el presente están siendo desarrolladas y puestas en el mercado.

Esta última acción permitirá la identificación de la cantidad de individuos u organizaciones que están inmersos en el desarrollo de un proyecto semejante a este. En consecuencia, también se podrán observar las particularidades de sus productos, considerando los organismos que emplean y su modo de uso, entre otros aspectos. Esto es, para obtener un entendimiento más profundo sobre el funcionamiento de esta forma de iluminación en un contexto aplicado. Del mismo modo, al ser un proyecto que todavía se encuentra en un estado de desarrollo inicial, se podrá extraer mayor información en lo que respecta a la aplicación de estos métodos en una lámpara y sus requerimientos.

La utilización de estos métodos alternativos de iluminación aplicados a la luminaria se encuentra en una situación de escasez, dado que se trata de un tema que aún precisa de un desarrollo considerable. A pesar de ello, se procederá con el análisis de los productos que ya se encuentran disponibles en el mercado.

Primeras aplicaciones de la bioluminiscencia a luminarias

A lo largo de la historia, la bioluminiscencia ha sido un fenómeno natural que ha capturado la atención y el interés de naturalistas y científicos en todo el mundo. Aunque su aplicación principal no ha sido como fuente de iluminación, su belleza y misterio han dejado huella en diversas culturas y contextos. En el año 350 a.C., el filósofo griego Aristóteles describió la bioluminiscencia en luciérnagas como una forma de luz "fría". Por otro lado, en la India, las tribus han empleado hongos bioluminiscentes durante generaciones para iluminar densas selvas. Además, algunas tribus primitivas han utilizado luciérnagas vivas con fines decorativos o como fuente de iluminación (Lee, 2008).

En contextos más específicos, los mineros del carbón han recurrido a luciérnagas atrapadas en frascos como fuente de luz en las minas, ya que cualquier tipo de llama, incluso una vela, podría provocar explosiones mortales. (Yeung, 2022) . Además, en el siglo XIX, los naturalistas identificaron que el brillo en las vigas de soporte de madera en las minas se debía al crecimiento de hongos bioluminiscentes (Connor, 2016).



Figura 25. Luciérnagas como Luminaria (Vidal, 2015)

Bioluminescent Lamp

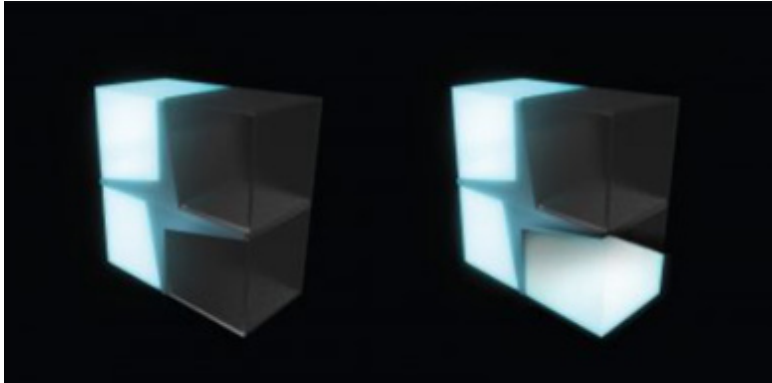


Figura 26. Bioluminescent Lamp (4N4DESIGN, 2003)

Diseñador. Ana Banic diseñó una lámpara bioluminiscente en 2003 junto a Zlatko Kapetanovic

Materiales. Vibrio Phosphoreum

Sostenibilidad. Es importante destacar que este diseño se encuentra en una fase conceptual y que no se ha materializado en un producto final. Sin embargo, se puede resaltar que la idea de utilizar una fuente de luz bioluminiscente generada por organismos vivos ofrece beneficios sostenibles al eliminar la necesidad de electricidad y reducir el consumo energético. No obstante, es necesario mencionar que no se ha considerado ningún aspecto relacionado con la economía circular en este diseño.

Comentario. La estética de esta lámpara se basa en un enfoque minimalista y una geometría modular, creando una apariencia elegante y contemporánea. Su diseño se destaca por líneas limpias y formas geométricas. La combinación de minimalismo y modularidad crea una presencia visual impactante.

Funcionamiento. Este diseño utilizaba el cultivo de bacterias Vibrio Phosphoreum debido a que estos microorganismos tienen la capacidad de vivir durante años a temperatura ambiente. Estos se encuentran en agua de mar en el que se va multiplicándose en miles de otros organismos unicelulares que, cuando crece alcanza un nivel de estabilidad. Puede emitir 103 fotones/s, aunque para que se pueda generar esta luz, el líquido debe ser aireado dado que la reacción requiere oxígeno. Es por ello, que se necesita una circulación del líquido para que esta luminaria ilumine. La estructura está diseñada para que el objeto gire en sentido de las agujas del reloj y pueda durar al menos 1 hora.

La estructura de esta lámpara consta de unas dimensiones de 130x130x65 mm, la cual está formada por cuatro cubos conectados entre sí de 65x65x65 mm. Estos albergan 2dl de líquido con microorganismos en su interior. Los cubos están conectados entre sí mediante dos perfiles y con anillos de goma dentro de cada perfil. Esto asegura que el aire y el líquido se muevan libremente. Además, se controla el movimiento del líquido deteniendo o permitiendo su paso mediante un suplemento que se desliza a lo largo del perfil que puede deslizarse a 1,5 mm. Esto permite que el líquido se desplace en una sola dirección.

Ambio



Figura 27. Ambio (Van Dongen, 2014)

Diseñador. Teresa Van Dongen

Materiales. Bacterias de la especie *Photobacterium*, vidrio

Sostenibilidad. Utiliza una fuente de energía renovable y sostenible al aprovechar la bioluminiscencia natural de los organismos vivos. Además, se fabrica con materiales ecológicos y reciclables, promoviendo así un ciclo de vida más sostenible. La durabilidad del producto también es un factor clave, ya que contribuye a reducir la generación de desechos. Además, la lámpara Ambio promueve la conciencia ambiental y nos conecta con la naturaleza, al utilizar organismos vivos para producir una experiencia visual y sensorial que nos invita a reflexionar sobre la importancia de preservar y valorar el medio ambiente.

Comentario. Su diseño minimalista y elegante combina líneas suaves y limpias con una forma orgánica que evoca la belleza de la naturaleza. La luz emitida por los organismos bioluminiscentes crea un efecto luminoso fascinante y misterioso, llenando el espacio con una iluminación suave y envolvente.

Funcionamiento. Ambio utiliza el equilibrio de dos pesas y un tubo de vidrio con un agujero en la parte superior que se encuentra medio lleno con lo que ella llama "agua de mar artificial" (Van Dongen, 2014). Esta agua contiene bacterias de la especie *Photobacterium*, las cuales se suelen encontrar en la piel de numerosas especies marinas de las profundidades. Para conseguir estos organismos los aíslan de la piel del pulpo. Son capaces de emitir luz continuamente a cambio de nutrientes y como reacción al oxígeno. Esta reacción, a diferencia de las microalgas, no es de estrés y no necesitan recargarse después de cada destello. No obstante, esta especie es muy frágil y exigente en cuanto a cuidados diarios por lo que la autora admite que su aplicación en la vida cotidiana es muy complicada. Asimismo, la posición de monopolio que tienen en su interior les permite a los organismos crecer tan rápido que se debe refrescar el líquido con regularidad.

El brillo de los organismos se genera cuando estos entran en contacto con el oxígeno. Cuando se empuja suavemente, los pesos se mantienen en movimiento lo que permite que el líquido en su interior se oxigene. Es por lo que con este simple movimiento se creará esta reacción y la lámpara brillará durante un tiempo determinado.

Dino Pet



Figura 28. Dino Pet (KickStarter, 2014)

Diseñador. BioPop

Materiales. Dinoflagelados Pyrocystis

Sostenibilidad. Esta característica de la lámpara DinoPet la hace aún más sostenible al no requerir energía eléctrica externa para su funcionamiento y al aprovechar la capacidad biológica de los dinoflagelados para generar su propia luz. Esto significa que al no haber consumo de energía eléctrica ni emisión de gases de efecto invernadero asociados con la iluminación de la lámpara. Sin embargo, el recipiente utilizado podría haberse hecho con plástico reciclado, favoreciendo la economía circular.

Comentario. Dino Pet es una lámpara bioluminiscente con forma de mascota diseñada por la compañía BioPop. La lámpara DinoPet tiene un diseño divertido y moderno que se adapta a cualquier espacio. Puedes utilizarla para crear un ambiente relajante en tu hogar, oficina o cualquier otro lugar. Además, es una excelente pieza de conversación y atraerá la atención de tus invitados debido a su naturaleza única.

Funcionamiento. Se trata de un recipiente transparente que contiene un líquido formado por agua y una colonia de dinoflagelados. Una de las advertencias que presenta las instrucciones de la luminaria es que quizás los primeros días no se ilumina la lámpara debido a que los organismos deben adaptarse a la nueva zona horaria y ajustar su ritmo circadiano (Lombardo, 2015). Además, estos deben recibir luz indirecta durante el día para que este pueda iluminar a la noche. Cabe resaltar que esta lámpara únicamente ilumina cuando es agitada. Es por ello por lo que se puede concluir que la lámpara no está diseñada con el objetivo de que sea funcional ya que no es utilizable para leer o trabajar. Asimismo, esta lámpara necesita ciertos cuidados para su correcto funcionamiento. Requiere luz, natural o artificial, para que este realice la fotosíntesis y pueda iluminar por las noches. Además, estos organismos son capaces de reproducirse indefinidamente pero cada 1-3 meses precisan agua de mar dulce que es proporcionada por la empresa.

Por último, resaltar que cuanto más agitación tenga el líquido del interior se emitirá una luz más brillante, aunque esta experimente una menor duración. Hay que tener cuidado con que esta agitación no sea excesiva ya que podría llegar a lastimar a los dinoflagelados o incluso a matarlos. Dada la poca eficiencia del producto se puede deducir que el nicho de mercado de esta lámpara está más enfocado a aquellas personas interesadas por la ciencia o la tecnología.

Glowpolis



Figura 29. Glowpolis (Glowee, 2023)

Diseñador. Glowee

Materiales. Aliivibrio fischeri

Sostenibilidad. La empresa asegura que el líquido en su interior es biodegradable y esta alternativa consume menos electricidad que las LED, aunque también produce menos lúmenes de luz.

Comentario. Las luminarias de Glowee emplean recipientes transparentes o semitransparentes que albergan bacterias bioluminiscentes. Estos recipientes presentan diversas formas y diseños, desde esferas hasta cilindros o incluso formas personalizadas. La apreciada estética de las luminarias de Glowee radica en su capacidad de transformar los espacios y crear una atmósfera encantadora. La luz emitida por las bacterias bioluminiscentes genera un efecto suave y etéreo, evocando una sensación de magia y misterio en los ambientes iluminados. Además, su iluminación no produce destellos ni reflejos intensos, lo que las convierte en una elección ideal para crear una iluminación ambiental suave y relajante.

Funcionamiento. La pequeña ciudad francesa de Rambouillet se ha convertido en un laboratorio de bioluminiscencia a gran escala donde se han empezado a iluminar las zonas urbanas de la mano de la empresa Glowee. Para que esta reacción ocurra utilizan la bacteria Aliivibrio fischeri que pueden encontrarse en las costas francesas (Yeung, 2022). Estas se almacenan junto agua salada en tubos a modo de acuarios. Para que las bacterias puedan emitir luz y sobrevivan se les añade una mezcla de nutrientes básicos y se bombea agua con el fin de proporcionarles oxígeno. Si se desea que estas estén apagadas cesan el bombeo de aire para que las bacterias estén en un estado anaeróbico en el cual no producen bioluminiscencia.

Esta empresa emplea la biología sintética para transferir los genes responsables de la bioluminiscencia de bacterias marinas a bacterias terrestres. Utilizando este enfoque, logran controlar el encendido y apagado de la luz, así como el color deseado, y aumentar su duración para mejorar su eficiencia. Su objetivo es presentar la iluminación no solo como un producto, sino como un servicio, con la intención de transformar la forma en que percibimos la luz.

Actualmente, sus bacterias pueden producir una potencia de 15 lúmenes por metro cuadrado, lo cual está bastante por debajo de los 25 lúmenes mínimos que debe tener el alumbrado público de parques y jardines por normativa.

Bio Lure



Figura 30. Bio Lure (Nyoka, 2023)

Diseñador. Nyoka

Materiales. polvo bioluminiscente

Sostenibilidad. Nyoka es una empresa emergente con sede en Canadá que se dedica a reemplazar el uso de la quimioluminiscencia y explorar nuevas posibilidades en el ámbito de la iluminación. Su enfoque se basa en aprovechar los fenómenos naturales para crear una luz sostenible y amigable con el medio ambiente. Su producto, Bio Lure, es una innovadora solución de pesca que utiliza la bioluminiscencia marina como fuente de luz. Esta tecnología biodegradable, duradera y segura ofrece una alternativa eco-friendly para la pesca.

Comentario. A medida que la industria del diseño emerge y evoluciona, es importante reconocer que algunos aspectos, como el desarrollo de diseños, todavía están en una etapa inicial. Aunque se han logrado avances significativos en la sostenibilidad y la innovación, es cierto que algunos diseños aún no están totalmente desarrollados.

Funcionamiento. La empresa Nyoka ha desarrollado un polvo bioluminiscente que ilumina cuando se mezcla con agua (Nyoka, 2023). Este polvo se ha creado con el fin de cumplir las especificaciones de iluminación dado que las luces quimioluminiscentes del mercado actual tienen varias deficiencias. El trabajo que han desarrollado de ingeniería de proteínas ha conseguido aumentar la duración, la estabilidad y el brillo de la bioluminiscencia. Los polvos están diseñados para ser automáticamente iluminados en el momento en que absorben agua marina. Este polvo está creado con enzimas y combustible. Además, la carcasa que almacena el líquido es biodegradable para que, una vez haya acabado su fin de vida, tenga un fin más sostenible.

9.7 Conclusiones

A lo largo de la historia, las limitaciones de la luz tradicional han impulsado la investigación de tecnologías alternativas, como la bioluminiscencia, que muestran un gran potencial en términos de durabilidad y eficiencia. Aunque las luminarias basadas en bioluminiscencia son aún escasas y algunas están en fase conceptual, algunas empresas han logrado avances significativos en este campo.

En este contexto, la empresa francesa Glowee se destaca como líder en la aplicación de la bioluminiscencia en la iluminación urbana. A través de la biología sintética, han logrado un control preciso sobre el encendido y apagado de la luz, así como la capacidad de ajustar el color según las necesidades. Además, han mejorado la duración de la bioluminiscencia, lo que resulta en una mayor eficiencia energética. Este avance marca un hito significativo en la adopción de la bioluminiscencia como fuente de iluminación sostenible y eficaz.

El proyecto en desarrollo de Nyoka también merece atención. Su enfoque en mejorar la eficiencia de la bioluminiscencia promete contribuir aún más a la viabilidad de esta tecnología. A medida que estas iniciativas avanzan, se abren nuevas perspectivas para una iluminación más respetuosa con el medio ambiente y económicamente viable.

10 Estudio de mercado

La realización del estudio de mercado es una herramienta muy útil a la hora de tomar las decisiones adecuadas para cualquier tipo de proyecto. Mediante la utilización de estos análisis se pueden identificar las particularidades que dominan el mercado y los consumidores. De esta forma se pueden lograr estrategias muy útiles basadas en la realidad que está ocurriendo en el mercado. Se logra una información única de hacia dónde se inclinan las preferencias de los usuarios y la manera en la que responde el mercado. Como se ha visto en el análisis del comportamiento de los usuarios las dos vertientes donde los usuarios querrían tener esta luminaria sería en el salón o en el dormitorio por lo que se analizarán lámparas de estos dos espacios del hogar. En este proyecto la luminaria se va a considerar como experiencia que, más allá de ser un producto, va a crear un espacio.

Esta sección tendrá como eje central la sostenibilidad de la luminaria, aunque también se tendrán en cuenta otras características como la estética, los materiales utilizados y su manera de afectar a los humanos. No todos los productos a analizar disponen de dichos atributos, pero se considera que podrían ser de gran utilidad para la investigación y el desarrollo de este proyecto.

10.1 Estudio de mercado de luminarias de salón

Pantalla Lámpara Figuera



Figura 31. Pantalla Lámpara Figuera

Empresa. Let's pause

Medidas. 20x20x25 cm

Peso. 0,5 kg

Materiales. Caña.

Precio. 35€

Sostenibilidad. Esta luminaria no tiene materiales reciclados y/o reutilizados. No obstante, está compuesto de materiales 100% reciclables, 100% renovables, 100% libre de tóxicos y no derivados del petróleo. Todo ello hace que el nivel de ecoeficiencia del proceso productivo del producto sea del 80%. La nula utilización de elementos fijadores como podría ser el pegamento hace que la lámpara sea mucho más fácil de desmontar para su posterior

Comentario. Toda la confección de esta luminaria está hecha a mano mediante el trenzado de la caña. No se le aplica ningún barniz ni cera por lo que el material es 100% natural, lo que a su vez hace que sea más sencillo de estropear y que no sea apta para exterior.

767 Lunar: Single Pendant Light



Figura 32. 767 Lunar (Bicycle Glass Co, 2023)

Empresa. Bicycle Glass Co.

Medidas. 19,69x19,69x17,15 cm

Peso. 1 kg

Materiales. Vidrio 100% reciclado y aluminio reciclado

Precio. 208,95€

Sostenibilidad. Esta luminaria destaca por su enfoque sostenible, al estar fabricada con materiales 100% reciclados, reciclables y locales, y utilizar tecnología LED de alta eficiencia energética. Aunque su diseño permite un desmontaje y reciclaje fácil al final de su vida útil, se podría mejorar el proceso de fabricación para optimizar la logística y promover programas de devolución y reciclaje, garantizando así una economía circular completa.

Comentario. Se trata de una lámpara de techo que pretende representar la superficie de la luna. Las burbujas que tienen en su superficie se aplican a manos y contribuyen a la naturaleza única de la pieza. Estas lámparas están creadas por un equipo de artesanos dedicados la cual la hacen única. Es una lámpara fácilmente aplicable a diferentes estilos de ambiente como lo pueden ser el tradicional o el contemporáneo.

Scraplights Hive Pendant



Figura 33. Scraplights Hive Pendant (Lumens, 2023)

Diseñador. Graypants

Empresa. Lumens

Medidas. 22,8x22,8x28 cm

Peso. 2,4 kg

Materiales. Cartón ondulado reutilizado

Precio. 447,86€

Sostenibilidad. Esta luminaria está hecha bajo la filosofía de la producción local y sostenible. El material utilizado es parcialmente reciclado al menos un 50% y se une mediante pegamento no tóxico. Además, son tratados con retardante de fuego no tóxico. Una vez la lámpara acaba su fin de vida, son fácilmente compostables.

Comentario. Su forma orgánica inclinada permite que haya una luz descendente hacia abajo ininterrumpida. Proyecta una luz cálida desde el interior de la pantalla realizada a base de cartón. Esta pantalla está hecha a mano y producida de forma responsable mediante cortes láser.

Eris Suspension



Figura 34. Eris Suspension (LZF Lamps, 2023)

Diseñador. Mayice Studio

Empresa. LZF Lamps

Medidas. 22x22x40 cm

Peso. 8 kg

Materiales. Aluminio y cerezo natural

Precio. 1125,3€

Sostenibilidad. La madera que se utiliza para el diseño de esta lámpara procede de cultivo sostenible y tienen el certificado FSC. Además, el uso de la tecnología LED también hace de esta iluminación una mucho más eficiente. No obstante, ninguno de los componentes de Eris es de origen reutilizado ni reutilizado, lo cual podría haber hecho de esta lámpara una mucho más sostenible, aunque estos sí que son reciclables.

Comentario. Lámpara Eris está compuesto por varios elementos: una esfera de vidrio soplada a mano, un tubo de chapa de madera y una base sólida de aluminio cilíndrica, además de una luz LED. Cuando esta luz está encendida es radiante mientras que cuando está apagada funciona perfectamente como elemento ornamental. La luz emitida por esta lámpara es cálida debido a la chapa de madera y el vidrio deja salir la luz de manera suave. Eris es el resultado perfecto de la armonía entre el vidrio y la chapa de madera.

Bamboo Lámpara Colgante S Black - Forestier



Figura 35. Bamboo Lámpara Colgante S Black (El Maestro de la Iluminación, 2023)

Diseñador. Arik Levy

Empresa. Forestier

Medidas. 35x35x23 cm

Materiales. Bambú

Precio. 204 €

Sostenibilidad. Utilizando materiales 100% naturales, como el bambú cultivado de manera responsable, se garantizan prácticas sostenibles en su producción. Además, su fabricación artesanal promueve el trabajo de comunidades locales y reduce la huella de carbono asociada al transporte de larga distancia. La iluminación de la lámpara se logra mediante bombillas de bajo consumo energético, enfatizando la eficiencia y la reducción del consumo eléctrico.

Comentario. Esta lámpara es un claro ejemplo de la unión entre materiales naturales con el diseño moderno. La disposición de los agujeros crea unas sombras delicadas en la pared una vez la lámpara esté encendida lo que hace que no pase desapercibida. En su interior contiene un difusor cilíndrico hecho a base de bambú que asegura una iluminación cómoda y atmosférica, que proporciona a su vez un efecto cálido y suave.

Lámpara MET Stand Alone & Wall



Figura 36. Lámpara MET Stand Alone & Wall (Modo Barcelona, 2023)

Diseñador. Antonio Citterio

Empresa. Modo Barcelona

Medidas. 18x28x40 cm

Peso. 3-5 kg

Materiales. Terrazo y vidrio

Precio. 329€

Sostenibilidad. La utilización del terrazo es un aspecto clave en la sostenibilidad de la lámpara dado que es un material que, además de robusto, es una gran manera de reutilizar materiales. Además, la simplificación en piezas hace que esta lámpara sea muy sencilla de arreglar y de alargar su uso. Sin embargo, la falta de reutilización del vidrio de la esfera hace que esta luminaria no sea completamente sostenible.

Comentario. Algo interesante de esta lámpara es que puede exponerse de diferentes formas. La primera es posicionándose sobre el suelo o encima de algún mueble. La segunda forma es anclada a la pared ya que esta incluye una estructura de instalación vertical y un cable de 2,2 metros. Además, se compone de dos piezas: losas de terrazo y esferas de vidrio mate. Las losas son un elemento tanto decorativo como funcional ya que permiten sujetar la esfera que ilumina el hogar y hacen que la lámpara se mantenga firme en una superficie plana. La esfera mate ilumina la estancia de forma cálida una vez encendida

TEA



Figura 37. Tea (Kartell, 2023)

Diseñador. Ferruccio Laviani

Empresa. Kartell

Medidas. 28x32,5x21 cm

Peso. 0,8 kg

Materiales. ABS reciclado

Precio. 170€

Sostenibilidad. La lámpara TEA de Kartell destaca por su compromiso con la sostenibilidad al utilizar tecnopolímero termoplástico reciclado, lo que reduce el consumo de recursos naturales y fomenta la reutilización de materiales. Este enfoque responsable promueve una mayor conciencia sobre la importancia de cuidar el medio ambiente en el diseño de productos. Sin embargo, para seguir avanzando, Kartell podría investigar y utilizar aún más materiales sostenibles en sus productos, ampliando así su compromiso con la sostenibilidad. Además, sería valioso que la marca considere la vida final del producto, explorando opciones para que la lámpara TEA pueda tener un propósito más allá de un único uso, brindando así una mayor durabilidad y reduciendo su impacto ambiental a largo plazo.

Comentario. La lámpara TEA se caracteriza por su diseño único, resaltando su apariencia irregular y porosa que evoca la textura natural de la terracota y la suavidad de la porcelana mate. La cuidadosa elección de una paleta de colores básica transmite la idea de que es posible crear objetos de gran calidad y belleza utilizando materiales reciclados. Con su aspecto distintivo, la lámpara TEA se convierte en un elemento decorativo impresionante que se adapta perfectamente a cualquier estilo de diseño interior, aportando un toque de sofisticación y elegancia.

POLARIS

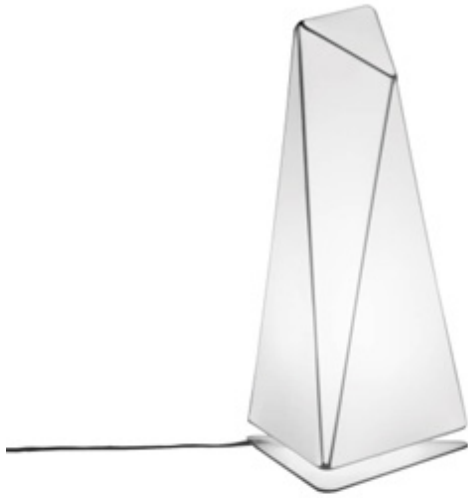


Figura 38. Polaris (Ole Lighting, 2023)

Diseñador. Fernando Martínez

Empresa. OLE LIGHTING

Medidas. 20x18x41 cm

Materiales. Metal y tela elástica

Precio. 220€ aprox.

Sostenibilidad. Su estructura metálica, un material duradero y reciclable que contribuye a la reducción de residuos. Además, su forma geométrica única permite una mayor eficiencia en el uso de materiales, evitando desperdicios innecesarios durante el proceso de producción. Sin embargo, para mejorar su sostenibilidad, se podría explorar la utilización de materiales aún más sostenibles y de menor impacto ambiental en su fabricación, como el uso de metales reciclados o biodegradables. Asimismo, se podría fomentar un enfoque de ciclo de vida completo para la lámpara, considerando aspectos como la producción, el uso y el fin de vida útil.

Comentario. Destaca por su estilo contemporáneo y sofisticado, gracias a su estructura metálica y forma geométrica única. Su versatilidad le permite adaptarse a paredes y techos, convirtiéndola en una opción ideal para diversos espacios y configuraciones. Además, su capacidad de combinarse en diferentes tamaños permite crear composiciones únicas y jugar con la iluminación de forma creativa. Con un diseño impactante y la capacidad de generar una intensa y sugerente claridad, la lámpara Polaris se convierte en un elemento distintivo que añade estilo y personalidad a cualquier ambiente.

w163 Lampyre t1



Figura 39. W163 Lampyre t1 (Wästberg, 2023)

Diseñador. Inga Sempé

Empresa. Wästberg

Medidas. 238x238x310 cm

Peso. 2,5 kg

Materiales. Vidrio opal

Precio. 619€

Sostenibilidad. La incorporación de tecnología LED de bajo consumo energético, la lámpara reduce significativamente el consumo de electricidad, lo que contribuye a la conservación de recursos y a la reducción de emisiones de carbono. La lámpara está fabricada con aluminio reciclado, lo que ayuda a minimizar el impacto ambiental al aprovechar los recursos existentes. Wästberg se preocupa por la durabilidad y longevidad de sus productos. Se podría considerar la utilización de otros materiales sostenibles en la fabricación de la lámpara, como el uso de plásticos reciclados o biodegradables. Asimismo, se podría investigar la posibilidad de implementar mecanismos de reparación y reciclaje más eficientes.

Comentario. Es una pieza de iluminación elegante y funcional que combina diseño contemporáneo con enfoques sostenibles. La estética de la lámpara Lampyre T1 se caracteriza también por su sencillez y ausencia de elementos innecesarios. Su diseño limpio y sin complicaciones la hace atemporal y fácil de combinar con diferentes estilos decorativos. La elección de colores neutros, como el blanco o el negro, contribuye a su aspecto sofisticado y permite que se integre sin problemas en diversos espacios.

Table lamp NUAGE S



Figura 40. Table Lamp Nuage S (Nowodvorski Lighting, 2023)

Diseñador. Equipo de diseño Nowodvorski

Empresa. Nowodvorski

Medidas. 22x22x18 cm

Peso. 1,2 kg

Materiales. Vidrio

Precio. 55€

Sostenibilidad. Esta lámpara cuenta con características sostenibles, como el aprovechamiento del vidrio para lograr una iluminación eficiente y su compatibilidad con bombillas de bajo consumo energético. No obstante, existen oportunidades para mejorar, como la exploración de opciones de materiales más sostenibles y la implementación de prácticas de reparación y reciclaje que contribuyan a maximizar su durabilidad y reducir su impacto ambiental.

Comentario. Es una pieza elegante y moderna que añade estilo y funcionalidad a cualquier espacio. Su diseño se caracteriza por su forma esbelta y minimalista, con líneas limpias y una estructura geométrica que le otorgan un aspecto sofisticado. Incorpora una pantalla de vidrio opalino que difunde la luz de manera suave y uniforme, creando una iluminación agradable y sin deslumbramientos. Su tamaño compacto la convierte en una opción ideal para mesas de noche, escritorios o cualquier área que requiera una iluminación puntual y decorativa.

10.2 Estudio de mercado de luminarias de dormitorio

Lámpara de mesa Elenita



Figura 41. Lámpara de mesa Elenita (Gobo, 2023)

Diseñador. Equipo de Diseño de Gobo

Empresa. Gobo

Medidas. 19x19x19 cm

Peso. 0,5 kg

Materiales. PLA

Precio. 60€

Sostenibilidad. Utilizan un polímero biodegradable derivado del ácido láctico. a pesar de que los materiales no sean renovables y no estén libre de tóxicos, se utilizan materiales reciclados y/o reutilizados. Además, estos materiales son reciclables y no son derivados del petróleo. Una vez la lámpara llegue al final del ciclo de su vida útil, se degrada de forma natural sin quedar residuos que no respeten el medioambiente. Otro punto a favor es que la empresa que fabrica estas lámparas construye todos sus muebles con impresión 3D, lo que permite fabricar productos en series cortas y sin desperdicios innecesarios

Comentario. Esta lámpara tiene un diseño simple que destaca por su elegancia y la capacidad de crear una suave iluminación ambiental en el hogar. El color blanco de la lámpara puede ser combinable con las múltiples opciones de colores del cableado. El usuario puede escoger entre un cable blanco, negro, amarillo, naranja, rojo, verde, azul o rosa. Esta posibilidad de personalizar el cable puede ser clave a la hora de crear el contraste perfecto entre blanco y color para darle un toque diferente a un hogar.

Dome Shaped handwoven bamboo pendant lampshade.



Figura 42. Dome Shaped Handwoven Bamboo Pendant Lampshade (Lanna Passa, 2023)

Diseñador. Equipo de Diseño Lanna Passa

Empresa. Lanna Passa

Medidas. 35x35x22 cm

Materiales. Hebras de bambú natural

Precio. 55,98€

Sostenibilidad. Está elaborada con materiales 100% naturales y reciclables, especialmente el uso del bambú. El tejido del bambú se realiza de manera que no requiere el uso de pegamento, lo que facilita su desmontaje al final de su vida útil, permitiendo su reutilización o reciclaje. Además, cuenta con iluminación LED, lo que contribuye a una mayor eficiencia energética y reducción del consumo. Aunque ya tiene características sostenibles, aún existe margen de mejora mediante el uso de materiales reciclados y la implementación de acciones que fomenten una economía circular.

Comentario. Esta luminaria también está realizada artesanalmente lo que aporta un valor especial. La artesanía es sinónimo de tradición, tiempo y esfuerzo. Cada producto es único y es un elemento clave en la sostenibilidad ya que el impacto ambiental generado frente a los procesos industriales es mínimo. El hecho de que sea 100% natural propicia que esté diseñada únicamente para ser utilizado en espacios interiores ya que podrían dañarse. Algo que han tenido muy en cuenta al tratarse de una lámpara de techo es que en cada hogar los techos son de diferentes alturas. Es por ello que la largura del cable es personalizable. Cuenta con un estilo simple y atemporal.

Oval Table Lamp



Figura 43. Oval Table Lamp (Burrow, 2023)

Diseñador. David Weeks Studio

Empresa. Burrow

Medidas. 19x19x21,6 cm

Materiales. Porcelana

Precio. 247,23€

Sostenibilidad. Incorpora bombillas LED de bajo consumo que tienen una larga vida útil. Además, se utiliza porcelana, un material sostenible y duradero. Sin embargo, hay aspectos que podrían mejorar, como diseñar el producto de manera que sea fácil de reparar y reciclar, y utilizar materiales reciclados en su fabricación. También sería beneficioso implementar prácticas que fomenten la economía circular, promoviendo la reutilización y el reciclaje de los componentes de la lámpara.

Comentario. Esta luminaria presenta una estética elegante y moderna. Su diseño ovalado y minimalista combina líneas suaves con una estructura sencilla, lo que le confiere un aspecto sofisticado y contemporáneo. La porcelana utilizada en su fabricación aporta una textura suave y delicada, mientras que su acabado en tonos neutros o vibrantes complementa cualquier estilo de decoración. La forma ovalada de la lámpara crea una distribución uniforme de la luz, proporcionando una iluminación suave y agradable. Esta luz es suave y cálida gracias a su tecnología Dim-to-warm, lo que la hace una lámpara perfecta de mesilla de noche.

Sofie Table Lamp



Figura 44. Sofie Table Lamp (Honey & Ivy, 2023)

Empresa. Honey & Ivy

Medidas. 15,2x15,2x22,23 cm

Materiales. PolyTerra™ PLA

Precio. 37,32€

Sostenibilidad. Está fabricado con un polímero de origen vegetal. Es capaz de degradarse si se encuentra en las condiciones ideales, que se consigue en instalaciones industriales de compostaje. Además, para quitar los elementos electrónicos únicamente se necesita desenroscarlos, lo que facilita el reciclado de estos productos. Estas lámparas están fabricadas mediante impresión 3D y tardan 20 horas en estar listas para ser enviadas. Esto les permite fabricar bajo pedido sin malgastar material innecesario. Asimismo, la utilización de bombillas LED hace que este posea una iluminación mucho más eficiente y duradera.

Comentario. La lámpara "Sofie Table Lamp" de Honey & Ivy destaca por su estética elegante y sofisticada. Su diseño combina líneas limpias y formas suaves, creando una apariencia contemporánea y atemporal. La base de la lámpara ofrece opciones de acabado en metal o cerámica, lo que permite adaptarse a diferentes estilos de decoración. La iluminación cálida que proporciona esta lámpara de sobremesa crea un ambiente acogedor y relajante. Su diseño arquitectónico en espiral no solo es funcional, sino también atractivo y elegante, convirtiéndola en un objeto decorativo en sí mismo. La base de la lámpara está disponible en una amplia variedad de colores para satisfacer las preferencias individuales de los compradores.

Abby Bowl Table Lamp



Figura 45. Abby Bowl Table Lamp (Honey & Ivy, 2023)

Empresa. Honey & Ivy

Medidas. 17,25x17,25x15,5 cm

Materiales. PolyTerra™ PLA

Precio. 51,32€

Sostenibilidad. Está fabricado con un polímero de origen vegetal. Es capaz de degradarse si se encuentra en las condiciones ideales, que se consigue en instalaciones industriales de compostaje. Además, para quitar los elementos electrónicos únicamente se necesita desenroscarlos, lo que facilita el reciclado de estos productos. Estas lámparas están fabricadas mediante impresión 3D y tardan 11 horas en estar listas para ser enviadas. Esto les permite fabricar bajo pedido sin malgastar material innecesario. Asimismo, la utilización de bombillas LED hace que este posea una iluminación mucho más eficiente y duradera.

Comentario. Se inspira en la idea de iluminar un cuenco, y su diseño se compone de dos partes: el cuenco y la sección superior. El cuenco está disponible en varios colores lisos, mientras que la parte superior presenta un elegante relieve en color blanco. Este relieve no solo aporta sofisticación al diseño, sino que también crea un efecto de iluminación más interesante. La luz emitida por la lámpara es cálida, lo que la convierte en una opción ideal para colocar en mesitas de noche o en espacios donde se busca crear un ambiente relajante y tranquilo. La luminaria Abby Bowl combina estilo y funcionalidad, ofreciendo una iluminación atractiva y una estética única.

Callisto Gold Table Lamo Duo



Figura 46. Callisto Gold Table Lamo Duo (Collectiviste, 2023)

Empresa. Collectiviste

Medidas. 16x16x30 cm

Materiales. Concha de ostra

Precio. 157.60€

Sostenibilidad. Esta lámpara se produce con materiales naturales sostenibles y procesos de producción artesanales tradicionales. Todos los materiales utilizados se han obtenido y certificado de forma responsable. Del mismo modo, las bombillas LED que utilizan consumen hasta un 90% menos de energía que sus homólogas incandescentes o halógenas. Tiene una calificación energética A+ Vida 10.000 horas.

Comentario. El conjunto de lámparas Callisto es perfecto para aportar un ambiente acogedor y relajante en el dormitorio o en cualquier espacio del hogar donde se requiera. La luz es cálida, aunque el resplandor dorado es el responsable de aportar una sensación mucho más confortable. Además, estas luminarias se asemejan a unas velas contribuyendo a favorecer un ambiente más relajado. Cabe destacar que al tratarse de materiales 100% naturales y fabricados a mano por artesanos, cada lote podría variar tanto en tonos como en la composición del estampado. Esto hace de cada lámpara una única e inigualable. Además, la utilización de materiales como la concha de ostra, su agradable aspecto y tacto mantiene una conexión con el entorno natural.

Damini Recycled Glass Table Lamp



Figura 47. Damini Recycled Glass Table Lamp (Nkuku, 2023)

Empresa. Nkuku

Medidas. 23,5x23,5x45 cm

Peso. 2,125 kg

Materiales. vidrio reciclado

Precio. 230€

Sostenibilidad. Está elaborada con vidrio reciclado, lo que reduce la demanda de recursos naturales y contribuye a la disminución de residuos. Al utilizar vidrio reciclado, se fomenta la economía circular al darle una segunda vida al material. Además, Nkuku es una marca comprometida con la sostenibilidad y la responsabilidad social, colaborando con artesanos locales y apoyando a comunidades en países en desarrollo. Cabe mencionar que la lámpara cuenta con la homologación CE, garantizando su calidad y seguridad. Sin embargo, sería beneficioso que la marca implementara procesos que promuevan aún más la economía circular.

Comentario. Su diseño se caracteriza por el uso de vidrio reciclado, lo que le confiere un aspecto rústico y artesanal. El vidrio reciclado muestra sutiles variaciones de color y textura, añadiendo un toque de autenticidad y singularidad a la lámpara. Su forma es elegante y minimalista, con líneas limpias y una base sólida que proporciona estabilidad. La luz suave y cálida que emana de la lámpara crea un ambiente acogedor y relajante.

BEAM



Figura 48. Beam (Contardi, 2023)

Diseñador. Maria Vafiadis

Empresa. Contardi

Medidas. 49x6x27,5 cm

Peso. 4 kg

Materiales. Metal Lacado

Precio. 707€

Sostenibilidad. La incorpora tecnologías de iluminación eficientes, como LED de bajo consumo energético, lo que contribuye a una reducción significativa del consumo eléctrico. La sostenibilidad se considera en todo el ciclo de vida del producto, desde su fabricación hasta su uso y eventual desecho. En línea con los principios de la economía circular, se podrían implementar mejoras para optimizar aún más la sostenibilidad de las lámparas Beam, considerando aspectos como el uso de materiales reciclados, la facilidad de desmontaje y reciclaje, y la prolongación de la vida útil a través de opciones de reparación y actualización.

Comentario. La lámpara Beam de Contardi se distingue por su forma lineal y estilizada, que transmite una sensación de elegancia y modernidad. Su diseño minimalista y contemporáneo la convierte en una opción versátil que se adapta armoniosamente a una amplia gama de estilos decorativos, ya sea en espacios modernos y minimalistas o en ambientes más tradicionales. Su atractivo reside en su capacidad para fusionar estilo y funcionalidad, brindando un toque sofisticado a cualquier espacio.

Jute Glass



Figura 49. Jute Glass (Britop Lighting, 2023)

Empresa. Britop Lighting

Medidas. 40x40x53 cm

Materiales. Vidrio y fibra de yute

Precio. 200€

Sostenibilidad. El uso de vidrio como material principal en la lámpara Jute Glass de Britop es beneficioso debido a su naturaleza como recurso natural y su alta capacidad de reciclaje. Además, la elección de la cuerda de yute como material complementario refuerza su carácter sostenible, ya que se trata de una fibra natural y biodegradable que reduce su impacto ambiental. Se podría explorar la posibilidad de utilizar vidrio reciclado en la fabricación de la pantalla, lo que permitiría reducir aún más el consumo de recursos naturales y aprovechar materiales existentes. Además, sería beneficioso promover un enfoque de ciclo de vida completo para la lámpara, considerando aspectos como la producción sostenible, el uso eficiente de energía, opciones de reparación y, al final de su vida útil, facilitar su reciclaje adecuado.

Comentario. La lámpara fusiona de manera equilibrada elementos naturales y modernos en su diseño. Presenta una pantalla de vidrio transparente con un patrón entrelazado de cuerda de yute alrededor de ella, lo que le brinda un aspecto distintivo y una sensación de calidez y textura. Esta combinación de materiales crea un contraste interesante entre la transparencia del vidrio y la apariencia rústica de la cuerda. Debido a su diseño distintivo y su luz suave es perfecta para brindar a cualquier espacio un toque de estilo y confort.

Smart Table



Figura 50. Smart Table (Aclara Lighting, 2023)

Diseñador. Xjer Studio

Empresa. Aclara Lighting

Medidas. 25x25x32 cm

Peso. 0,4 kg

Materiales. material reciclado de origen vegetal

Sostenibilidad. El uso de un material reciclado de origen vegetal en la fabricación de esta lámpara proporciona una opción más sostenible en comparación con los materiales convencionales. Su compromiso con la sostenibilidad se ve reforzado al utilizar este enfoque eco-friendly, lo cual contribuye a la reducción de residuos y a la conservación de los recursos naturales. Además, se podrían implementar mejoras en el diseño de la lámpara para facilitar su desmontaje y reparación en caso de averías, así como para facilitar su reciclaje al final de su vida útil.

Comentario. La lámpara de mesa de la Serie Smart en su versión de sobremesa es el resultado de un enfoque renovador y duradero, resaltando por su capacidad de combinar pantallas de forma creativa. Con un estilo minimalista y contemporáneo, esta lámpara se adapta sin esfuerzo a cualquier estilo decorativo, aportando un toque de modernidad y versatilidad. Su diseño elegante y actual la convierte en un complemento atractivo para cualquier espacio, ofreciendo estilo y funcionalidad en igual medida.

10.3 Síntesis de Estudio de Mercado

Después de analizar cada producto, se procederá a elaborar una matriz de posicionamiento con el objetivo de detectar áreas o nichos de mercado aún no explorados y facilitar la comprensión de la posición de los productos en el mercado. Esta matriz se centrará en la relación entre sostenibilidad y precio. Es importante mencionar que la matriz se aplicará a todas las luminarias, a excepción de la Smart Table, ya que no se ha obtenido información sobre su precio. Sin embargo, se considera que las demás luminarias permitirán la creación de una matriz precisa. La inclusión de esta lámpara en el estudio de mercado se debe a su enfoque innovador y duradero, lo que puede contribuir al desarrollo del proyecto. A continuación, se presenta la matriz de sostenibilidad-precio:

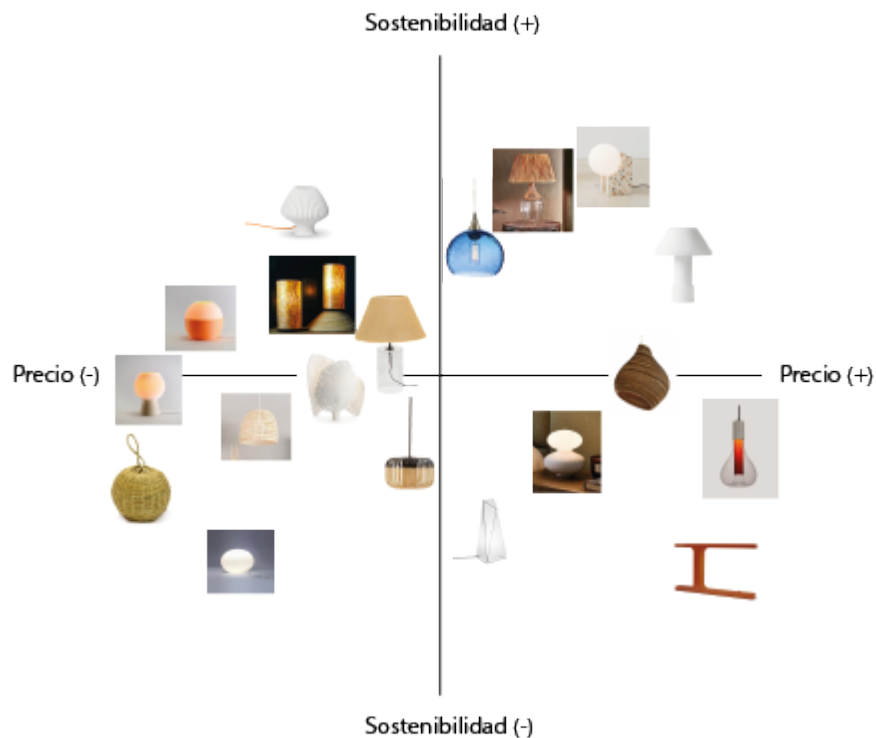


Figura 51. Matriz de posicionamiento

Asimismo, tras realizar un exhaustivo estudio de los productos, se han obtenido valiosas conclusiones. Se ha observado que la gran mayoría de los productos existentes en el mercado se fabrican con materiales que, a pesar de ser reciclables, no son reciclados ni reutilizados, lo que genera un impacto ambiental significativo. No obstante, se identificó que algunos productos, como la lámpara MET Stand Alone & Wall, presentan una simplicidad en sus piezas que facilita su reparación, prolongando así su vida útil.

Asimismo, el análisis reveló que las formas geométricas utilizadas en los productos examinados contribuyen a minimizar los desperdicios durante el proceso de producción. Sin embargo, ninguno de los productos estudiados ofrece opciones de segunda vida más allá de su función como lámparas. Es por ello por lo que, además de investigar sobre cómo darle una segunda vida al producto a fabricar también se considera fundamental investigar la implementación de mecanismos de reparación y reciclaje más eficientes.

A diferencia de los productos analizados, se desea que la luminaria diseñada sea versátil y portátil, capaz de adaptarse a diferentes espacios del hogar sin depender de una conexión cableada. Para su fabricación, se plantea la utilización de materiales naturales, reciclados y

recuperados mediante métodos de producción sostenibles, como la artesanía. Se prioriza la facilidad de desmontaje para permitir reparaciones y reciclaje eficientes.

En cuanto al diseño del producto a desarrollar, habiendo analizado las distintas luminarias se ha considerado se busca crear una luminaria atractiva y moderna que aporte estilo y elegancia a cualquier espacio del hogar. Su diseño se caracterizará por una forma esbelta y minimalista, que aporte un aspecto sofisticado. Se aspira a que sea atractivo y elegante, convirtiéndose en un elemento decorativo destacado. Además, se busca lograr una armonía entre todas las piezas de la luminaria.

En resumen, el estudio de productos diseñados ha permitido identificar áreas de oportunidad para el diseño propuesto, enfocándose en la utilización de materiales sostenibles, la facilidad de reparación y reciclaje, y la exploración de nuevas tecnologías de iluminación eficientes. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para el desarrollo de una luminaria elegante, funcional y respetuosa con el medio ambiente.

11 Conclusiones

Con el objetivo principal de lograr una luminaria altamente sostenible, se ha optado por la bioluminiscencia como fuente principal de iluminación. Aunque la quimioluminiscencia ofrece mayor potencia lumínica y es económicamente más eficiente, su limitación radica en que su reacción solo puede ocurrir una vez, lo que implica la constante generación de desechos químicos al reemplazar componentes agotados. En contraste, la bioluminiscencia, aprovechando organismos vivos, permite una producción continua de luz sin necesidad de componentes electrónicos ni consumo energético. Esta elección se alinea perfectamente con la búsqueda de sostenibilidad.

Además, es esencial considerar el profundo vínculo emocional que esta lámpara puede establecer con el usuario. Al tratarse de una luminaria viva, tiene un potencial significativo para conectar con el usuario a un nivel emocional significativo debido a la relación única que se forma al cuidar de un ser vivo. La luz extraordinaria generada por la naturaleza también agrega un elemento cautivador a esta conexión. Este vínculo profundo puede desempeñar un papel crucial en la economía circular del producto, ya que fomenta la reutilización y reparación, extendiendo así su vida útil y fortaleciendo la relación entre el usuario y la luminaria.

La bioluminiscencia, aunque prometedora, presenta ciertas limitaciones. Su eficiencia lumínica actual es significativamente menor que las opciones de iluminación convencionales disponibles en el mercado. La luz emitida por organismos bioluminiscentes, aunque fascinante, no es lo suficientemente intensa como para proporcionar una iluminación adecuada para actividades como la lectura u otras tareas que requieren niveles significativos de luminosidad. Además, es importante destacar que esta forma de iluminación bioluminiscente tiende a producir luz de tonalidad azul, un color que se ha asociado con la contaminación lumínica. Esta contaminación puede tener efectos adversos en la salud y perturbar los ritmos biológicos de las personas. Sin embargo, algunos expertos, como Manuel García Gil, especialista en sistemas de iluminación pública y contaminación lumínica, sugieren que debido a los bajos niveles de luminosidad de la bioluminiscencia, los impactos negativos en los seres humanos serían mínimos o prácticamente insignificantes. En este contexto, se ha tomado la decisión de diseñar una luminaria con un enfoque predominantemente decorativo, reconociendo las limitaciones actuales de la bioluminiscencia en términos de eficiencia y calidad de luz.

Asimismo, se quiere implementar el fundamento de la economía circular en el diseño de esta luminaria. Se pretende crear una lámpara que cuando llegue a su fin de vida sea capaz de haber cruzado por todos los ciclos del diagrama de la mariposa (Ellen Macarthur Foundation, 2015). Diversos factores serán considerados en el diseño de la lámpara como la utilización de materiales duraderos, la facilidad de desmontaje y reparación, la simplificación, etc. Además, se quiere lograr un diseño atemporal que pueda perdurar lo máximo posible en la vida del usuario sin desentonar en las modas futuras. Para ello, se pretende que destaque por su sutileza por lo que se apostará por colores neutros y líneas sencillas.

Por último, se quiere concluir que a pesar de que los usuarios encuestados apostaran con un 79,9% a la elección del dormitorio como lugar donde utilizarían la luminaria bioluminiscente, se pretende que este también pueda incluirse en el salón. Esto no solo se debe a que el 64,1% también optaran por incorporarlo en este espacio, sino que después de realizar el estudio de mercado se considera que fácilmente puede adaptarse a ambas zonas del hogar como elemento de decoración.

III - BRIEFING Y ASPECTOS A CONSIDERAR

12 Aspectos a considerar

A continuación, se considera que antes de comenzar con la fase de ideación y generación de briefing, es fundamental tener una comprensión clara de lo que se debe diseñar. Esto implica tener en cuenta aspectos como la normativa y legislación aplicable, ya que estos pueden influir significativamente en el diseño y desarrollo del proyecto. Además, es esencial comprender a fondo el funcionamiento de la bioluminiscencia para su correcta aplicación. Para ello, es necesario conocer las condiciones necesarias para mantener a los organismos, así como su comportamiento en la generación de iluminación. Dado que el proyecto está dirigido a un público específico, también se considerará la creación de Buyer Personas para una orientación más precisa.

12.1 Normativa y legislación

En la actualidad, no existe una normativa o legislación específica que aborde de manera clara y adaptada el uso de iluminación creada por organismos vivos, como la bioluminiscencia. Esta falta de normativa especializada se debe a que esta tecnología emergente y su aplicación en iluminación son relativamente nuevas y se encuentran en etapas de investigación y desarrollo.

La ausencia de una normativa específica plantea algunos desafíos y consideraciones. Por un lado, puede generar incertidumbre en términos de estándares de seguridad, eficiencia energética y otras regulaciones que suelen aplicarse a los productos de iluminación convencionales. No obstante, hay ciertas normativas a las que sí que se pueden adaptar el diseño de estas luminarias, así como ciertos marcados o etiquetas.

12.1.1 Normativa de seguridad

- **UNE-EN ISO 12100** Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.

12.1.2 Normativa aplicable a productos sostenibles

- **UNE-EN ISO 14001**. Sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso
- **UNE-EN ISO 14006**. Sistemas de gestión ambiental. Directrices para incorporar el ecodiseño.
- **UNE-EN ISO 14040**. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- **UNE-EN ISO 14044**. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.

12.1.2 Mercado CE

El Mercado CE es un requisito legal crucial para garantizar que los productos cumplan con los estándares y regulaciones establecidas por la UE, protegiendo así a los consumidores y el medio ambiente. Al obtener esta certificación, se muestra el compromiso del fabricante en cumplir con los estándares y requisitos esenciales, permitiendo que el producto se comercialice de manera segura y confiable en el mercado europeo (UE, 2023). Obtener el Mercado CE implica realizar una declaración de conformidad de la UE y preparar un expediente técnico que respalde dicha conformidad.

12.1.3 Marca AENOR N Sostenible

AENOR N Sostenible es una distinción otorgada por la Asociación Española de Normalización, UNE, a aquellos productos, servicios o sistemas que demuestran su compromiso con la sostenibilidad y cumplen con los requisitos y criterios establecidos (AENOR, 2022). Esta marca reconocida certifica que las organizaciones han sido evaluadas y cumplen con estándares y prácticas relacionadas con aspectos ambientales, sociales y económicos. Para obtener la marca AENOR N Sostenible, las organizaciones deben someterse a un proceso de evaluación y certificación llevado a cabo por AENOR.

La obtención de la marca AENOR N Sostenible demuestra que el producto, servicio o sistema ha sido evaluado y cumple con los estándares de sostenibilidad establecidos. Esto proporciona confianza y garantías adicionales a los consumidores y otras partes interesadas, respaldando el compromiso de las organizaciones con la sostenibilidad.

12.2 Necesidades de la bioluminiscencia

Hay ciertos aspectos para tener en cuenta a la hora de diseñar una lámpara mediante la bioluminiscencia. Al tratarse de iluminación producida por organismos vivos, hay una serie de

cuidados que se deben realizar para que estos puedan permanecer con vida lo máximo posible. También se ha de considerar que cada tipo de organismo bioluminiscente es diferente por lo que sus cuidados también tienen sus particularidades. Del mismo, se ha de tener en cuenta que la tecnología con la bioluminiscencia aún está en desarrollo y que ya hay empresas como Glowee que ya están comercializando con biología sintética que permite alterar las condiciones de vida de estas bacterias. Sin embargo, para este proyecto, se ha decidido emplear un tipo de microalga proporcionada por la empresa holandesa BioGlow: el dinoflagelado *Pyrocystis lunula*. Para su cuidado se deben tener las siguientes consideraciones:

- **Temperatura.** Se aconseja que estos organismos estén a temperatura ambiente entre 17 y 24 °C. Los dinoflagelados son capaces de sobrevivir a temperaturas más bajas mientras que las temperaturas muy altas podrían llegar a matar a los organismos.
- **Luz solar.** Al igual que cualquier planta, estos organismos provenientes de algas necesitan hacer la fotosíntesis para poder obtener energía. Para ello necesitan recibir luz durante el día y oscuridad por la noche. Se aconseja que esta luz no incida directamente del sol dado que esto podría fluctuar demasiado la temperatura. Es por ello que se aconseja que esté al menos a 2 metros de calefactores y ventanas.
- **Nutrientes.** Al cabo de un tiempo los organismos agotarán los nutrientes y, aunque sean capaces de sobrevivir sin ellos durante meses, si se quiere prolongar su vida se les debe añadir nutrientes adicionales. Se recomienda que esto se haga cada dos semanas con pequeñas dosis. Es aconsejable que estos nutrientes se encuentren en el mismo ambiente que los organismos para no causar un choque térmico cuando se añadan. Los nutrientes en cuestión es una mezcla entre agua estéril, nitrato y fosfato.
- **Oxígeno.** La reacción de la bioluminiscencia se crea cuando estos organismos logran oxigenación que, de forma natural, suele crearse con la agitación del mar y las olas. Asimismo, en caso de que haya un intercambio de aire las algas crecerán más rápido.

Otro aspecto para tener en cuenta es el reloj biológico interno que tienen los organismos por lo que durante el día nunca serán capaces de brillar. A pesar de que la habitación se encuentre a oscuras, si en su reloj interno percibe que es de día nunca iluminará. Además, en caso de que se transporte de una parte del mundo a otra, los organismos necesitarán ciertos días para acostumbrarse a este nuevo ciclo horario.

12.3 Planteamiento de soluciones de movimiento

Una vez obtenido un cultivo de 500 ml de dinoflagelados de la especie *Pyrocystis lunula* se ha comenzado a investigar sobre los movimientos que más duración e intensidad de iluminación pueden generar. Uno de los requisitos de esta luminaria es que no disponga de componentes electrónicos y que sean sencillos de reciclar en su fin de vida. Es por ello por lo que se han evitado elementos magnéticos, bombas de agua, dispositivos vibradores, etc. Todos aquellos movimientos seleccionados deben ser accionados por el usuario de forma sencilla. A continuación, se exponen ciertas opciones de movimientos que podrían permitir crear la agitación mencionada en el líquido en el que se encuentran las microalgas.

- **Péndulo.** Se trata de un objeto suspendido que puede oscilar hacia delante y hacia atrás, para crear movimientos regulares y rítmicos en el agua.

- **Equilibrio.** El movimiento con equilibrio puede realizarse por ejemplo sobre un punto pivotante. Esto puede hacer que el recipiente se incline o se balancee, favoreciendo al movimiento del líquido en su interior.

- **Giro.** Se va a hacer rodar o girar manualmente el recipiente que contiene los dinoflagelados en un movimiento circular o de vaivén, haciendo que el líquido se agite o arremoline. Esto puede crear un movimiento en el líquido que estimule a los dinoflagelados.

- **Gravedad.** La utilización de la gravedad para crear movimiento se ha empleado en múltiples productos como el reloj de arena. Se crea un flujo de material al pasarse de un recipiente a otro, lo que permite a su vez medir el tiempo. Este flujo puede ser controlado dependiendo del tiempo que se pretende que mida.

- **Balanceo.** Otra opción podría ser generar manualmente un movimiento de balanceo del contenedor. La utilización de una tabla de equilibrio o un dispositivo similar para crear manualmente un movimiento de balanceo del recipiente podría estimular a los dinoflagelados. Es decir, se pretende desplazar su peso aplicando presión sobre diferentes partes de la tabla de equilibrio.

- **Agitación.** Este método quizás pueda ser el más incómodo para los usuarios, pero sin duda podría ser uno de los más eficaces. Sin embargo, se debe tener cuidado con no agitar demasiado fuerte el recipiente dado que esto podría dañar a los dinoflagelados.

Todo ensayo que se lleve a cabo para comprobar la funcionalidad de cada movimiento se realizará a la misma hora. Esto se debe a que el grado de intensidad en el que los organismos son capaces de iluminar varía según en el momento del reloj circadiano en el que se encuentren. Del mismo modo, todos los experimentos se realizarán en el mismo espacio, el cual para lograr resultados más precisos.

En la experimentación que se va a realizar, se cree conveniente recoger una serie de datos. En primer lugar, la cantidad de tiempo que se logra iluminar una vez se realiza el movimiento. Esto se debe a que se considera imprescindible que la iluminación pueda prolongarse lo máximo posible mientras el usuario así lo desee. Además, la intensidad que proyectan los microorganismos en los diferentes movimientos es muy relevante a la hora de hacer este estudio. También se valorará del 1 al 5 la facilidad del usuario para crear cada uno de los movimientos, así como la implicación del usuario para prolongar la iluminación. Por último, se anotarán comentarios respecto a cada una de las acciones realizadas que ayuden a la toma de decisiones.

Péndulo con un punto

Para la realización de este experimento se va a colgar la botella con las microalgas de una cuerda y dejar que oscile.

Imagen

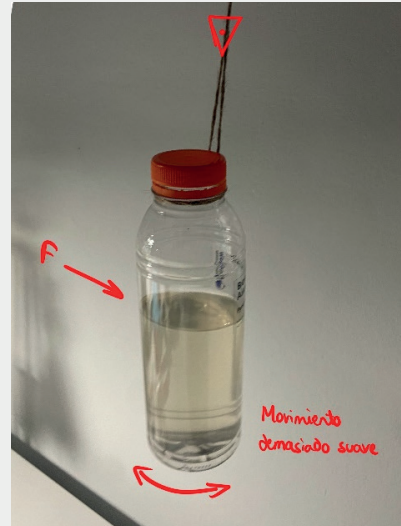


Figura 52. Experimento Péndulo con un punto

Tiempo (s)

3

Intensidad

2/5

Facilidad

5/5

Implicación del usuario

4/5

Comentario

Una vez realizado se puede observar que este sistema de movimiento además de ser inestable no logra una gran intensidad de iluminación. Además, a pesar de que sea un movimiento sencillo de realizar, para conseguir una continuidad de iluminación se necesita una implicación alta del usuario.

Tabla 5. Experimentación: Péndulo con un punto

Péndulo con dos puntos

Para la realización de este experimento se va a colgar la botella con las microalgas de una cuerda y dejar que oscile. Dada la inestabilidad en el experimento de péndulo con un punto, se ha considerado oportuno considerar la realización de este método con dos puntos y con horizontalidad.

Imagen

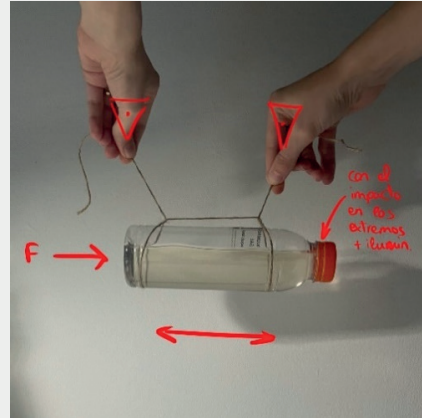


Figura 53. Experimento Péndulo con Dos Puntos

Tiempo (s)

3

Intensidad

3/5

Facilidad

5/5

Implicación del usuario

5/5

Comentario

Haberle puesto un punto más efectivamente le da más estabilidad al movimiento, lo que consecuentemente hace que el movimiento también se pare antes. Esto hace que la implicación del usuario sea mayor, aunque la facilidad a la hora de ponerlo en marcha es la misma. Sin embargo, al haberle dado una horizontalidad y más superficie de movimiento, se ha logrado una mayor intensidad de la iluminación.

Tabla 6. Experimentación: Péndulo con Dos Puntos

Equilibrio

Para conseguir movimiento se va a utilizar el equilibrio sobre un punto pivotante, logrando equilibrio entre los recipientes que contienen los dinoflagelados. Para ello se va a hacer uso de dos botellas de los organismos realizando la función de contrapesos. Estos se van a fijar de forma estratégica para crear una distribución desequilibrada del peso.

Imagen

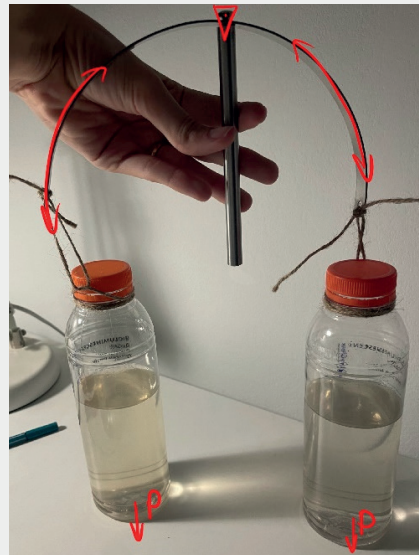


Figura 54. Experimento Equilibrio

Tiempo (s)

2

Intensidad

2/5

Facilidad

4/5

Implicación del usuario

3/5

Comentario

Como con el sistema del péndulo, la intensidad de iluminación es escasa, además de que dura muy poco. Hay que tener en cuenta también que la facilidad para iniciar la iluminación es muy alta y que la implicación del usuario es más baja también.

Tabla 7. Experimentación: Equilibrio

Giro

Para contemplar la estimulación de las microalgas mediante el sistema de giro, se va a girar manualmente el recipiente en un movimiento circular. Se ha considerado girarlo horizontalmente debido a que, como se ha visto anteriormente, al abarcar más espacio de movimiento se genera más intensidad de iluminación.

Imagen

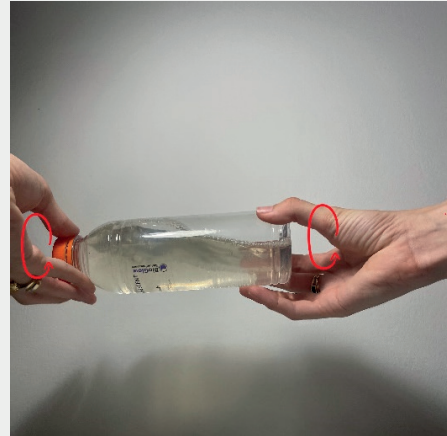


Figura 55. Experimento Giro

Tiempo (s)

2

Intensidad

3/5

Facilidad

2,5/5

Implicación del usuario

5/5

Comentario

Para que este sistema sea efectivo el giro debe ser con bastante fuerza para que llegue a iluminar con una intensidad suficiente. La luz tarda muy poco en apagarse y necesita una implicación constante del usuario para mantenerlo encendido.

Tabla 8. Experimentación: Giro

Gravedad

Otro sistema para lograr movimiento es el método del reloj de arena donde, debido a la fuerza de la gravedad, la materia cae al recipiente inferior. Para el experimento, se va a emplear un recipiente y un embudo, en el que se introducirá el líquido con los dinoflagelados.

Imagen

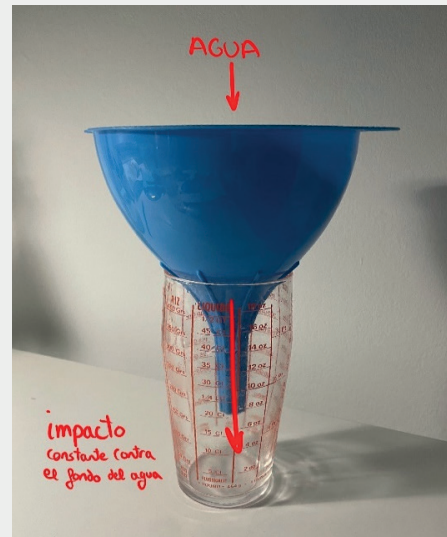


Figura 56. Experimento Gravedad

Tiempo (s)

6

Intensidad

5/5

Facilidad

5/5

Implicación del usuario

1/5

Comentario

El impacto que se genera al pasar de un recipiente a otro permitiendo que la intensidad de la luz sea constante y superior al resto. Esta también es mayor dado el choque que existe entre el agua que cae y el agua que permanece en la superficie del contenedor.

Tabla 9. Experimentación: Gravedad

Balanceo

Con una base curvada, al aplicar cierta fuerza en un extremo se va a lograr un balanceo donde el líquido fluya o se deslice de un lado a otro.

Imagen

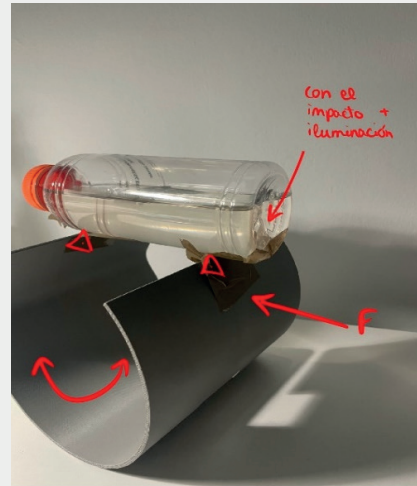


Figura 57. Experimento Balanceo

Tiempo (s)

3

Intensidad

3,5/5

Facilidad

5/5

Implicación del usuario

3,5/5

Comentario

Cuanto más oxígeno haya tocado la superficie del agua más iluminan los dinoflagelados. En el momento en el que el bote estaba medio lleno podía apreciarse la mayor cantidad de intensidad luminaria. Asimismo, se puede considerar que la facilidad de comenzar la iluminación es sencilla, aunque el usuario tenga que estar al tanto para que no sea apague rápidamente.

Tabla 10. Experimentación: Balanceo

Agitación

Por último, se va a realizar uno de los movimientos más sencillos de realizar: la agitación manual. De esta forma, el usuario únicamente tiene que agitar la botella de un lado a otro.

Imagen



Figura 58. Experimento Agitación

Tiempo (s)

4

Intensidad

5/5

Facilidad

4/5

Implicación del usuario

5/5

Comentario

Mientras se agita manualmente se genera una iluminación constante e intensa. Sin embargo, es un método que implica una implicación significativa del usuario por lo que puede resultar poco cómoda.

Tabla 11. Experimentación: Agitación

Tras analizar los 7 movimientos disponibles, se puede concluir que la agitación y la gravedad son los métodos más eficientes para cumplir con los primeros 3 factores clave: tiempo de duración, intensidad y facilidad para iniciar la iluminación. No obstante, en este proyecto se valora enormemente que la participación activa del usuario para mantener encendido el producto sea mínima, por lo que se ha determinado que el sistema de movimiento de agua más adecuado es el basado en gravedad.

Sin embargo, el experimento anterior se trata de una prueba rápida para evaluar diversas soluciones de movimiento. Con el propósito de verificar la eficiencia del método, se ha llevado a cabo una primera aproximación del funcionamiento de esta luminaria utilizando solamente dos botes de cristal reutilizados, una pajita y silicona. Como resultado de este proceso, se logró crear la siguiente maqueta:



Figura 59. Aproximación Maqueta Experimento Gravedad

El diseño de este producto se caracteriza por ser hermético, lo que significa que el líquido contenido en su interior no puede escapar. A diferencia de los relojes de arena convencionales, que permiten que el aire fluya libremente entre los granos de arena, esta luminaria requiere de un enfoque diferente. Dado que por el mismo agujero no puede salir aire y entrar agua a la vez se han incorporado dos agujeros en el sistema.

El primer agujero está diseñado para permitir la salida del aire contenido en el recipiente. De esta manera, se crea un espacio vacío que permite un flujo continuo del líquido a través del segundo agujero. Es a través de este segundo agujero que el agua ingresa al recipiente, reemplazando al aire que ha sido liberado.

Esta configuración de agujeros cumple varios propósitos importantes. En primer lugar, garantiza que el líquido fluya de manera constante y controlada, evitando cualquier obstrucción o desequilibrio en el sistema. Además, el aire liberado durante este proceso contribuye a la generación de iluminación tanto en el recipiente inferior como en la parte superior del líquido en el recipiente mediante el bombeo del aire que sube a la superficie .

12.4 Público Objetivo

El funcionamiento de esta lámpara basada en bioluminiscencia requiere de un usuario comprometido y con un vínculo especial hacia ella. Por esta razón, el diseño de la lámpara debe estar profundamente centrado en el usuario, tomando en cuenta y valorando sus diversas necesidades. Con el fin de tener una visión más amplia de los usuarios potenciales de este producto se hará una segmentación de los consumidores. Para ello se procederá a crear una definición del público objetivo, analizando las necesidades o características específicas en común que tienen los usuarios y que se pretenden satisfacer con la luminaria.

En este proyecto el público objetivo se halla entre los 25 y 45 años y vive en una ciudad con más de 100 mil habitantes. Cuenta con un puesto de trabajo con ingresos medio altos. Son amantes de la naturaleza y les gusta hacer escapadas por el campo. Del mismo modo, prestan mucha atención a su salud por lo que tratan de comer más saludablemente y hacer deporte, así como cuidar sus horas de sueño. Cada vez están más concienciados y optan por productos más sostenibles.

Con el fin de empatizar mejor con los usuarios y poder ofrecer valor al producto diseñado también se cree conveniente crear el perfil de diferentes Buyer Persona. La elaboración de este arquetipo del cliente ideal es una manera sencilla de ponerse en el lugar del cliente.

Para la creación de los Buyer Persona, es fundamental recopilar datos demográficos como nombre, edad, lugar de residencia y profesión. Sin embargo, más allá de estos datos básicos, resulta igualmente esencial profundizar en la comprensión de la persona a nivel emocional y psicológico, explorando sus valores, rasgos de personalidad y mentalidad. Además, es importante analizar sus actividades cotidianas para comprender su comportamiento y determinar cómo nuestros productos o servicios pueden adaptarse mejor a sus necesidades.

Adicionalmente, investigar sus intereses desempeña un papel crucial. Los intereses personales de un individuo pueden ejercer una influencia significativa en sus decisiones de compra. Esto brinda la oportunidad de crear estrategias altamente personalizadas y realizar una segmentación más precisa al agrupar a compradores potenciales con intereses similares. Esta segmentación permite adaptar el enfoque del producto de manera más efectiva y satisfacer las preferencias individuales de cada segmento.

Por último, analizar los patrones de compra de estas personas es esencial para comprender qué tipos de productos o servicios suelen adquirir con regularidad. Este conocimiento permite identificar tendencias comunes y entender qué características atraen a los compradores potenciales, lo que resulta indispensable para la toma de decisiones.

Nombre. Claudia

Edad. 25 años

Residencia. Cádiz

Profesión. Diseñadora de Interiores



Valores.

Claudia es una mujer muy independiente a la que le encanta estar haciendo planes constantemente. Es muy inquieta y le encanta aprender datos curiosos sobre la naturaleza. Últimamente está adentrándose en el mundo de la sostenibilidad y busca incorporar más elementos naturales en los espacios que diseña, intentando crear ambientes que transmitan calma y bienestar.

Actividades.

Ha transformado su furgoneta en un camper y, al menos una vez al mes, se embarca en emocionantes escapadas a la naturaleza junto a su leal compañero canino, Axel. Es un espíritu viajero que encuentra gran placer en explorar nuevos lugares y sumergirse en diversas culturas. Además, en el último año, ha descubierto su pasión por el yoga y asiste a clases dos veces por semana, encontrando en esta disciplina una fuente de equilibrio y bienestar en su vida.

Intereses.

Desde que era una niña encuentra una gran fascinación en el mar y siente una profunda conexión con la vida marina que habita las costas de Cádiz. Además, como diseñadora de interiores le encanta estar al tanto de las últimas tendencias por lo que le encanta asistir a ferias y buscar inspiración en revistas.

Compras.

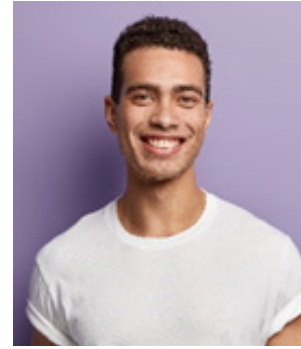
Claudia es una joven a la que le encanta coleccionar elementos especiales. No suele comprar muchos bienes materiales desde hace unos años, pero si lo hace se asegura de que estos sean sostenibles. Es decir, en cuanto a cosmética opta por productos ecológicos que sean cruelty free, ya no compra en empresas que contribuyan al fast-fashion. Además, al tratarse de una diseñadora de interiores, garantiza que el mobiliario que compra para decorar los hogares de sus clientes proviene de empresas que cumplan con certificados de sostenibilidad.

Nombre. Nacho

Edad. 36 años

Residencia. León

Profesión. Veterinario



Valores.

Nacho es una persona tranquila y sencilla. Se caracteriza por ser una persona empática y comprometida. Desde joven se ha visto involucrado en programas de voluntariado y activismo medioambiental.

Actividades.

Disfruta de una variedad de actividades en su tiempo libre. Nacho es un aficionado al deporte y se mantiene activo practicando natación y ciclismo. Todos los fines de semana hace rutas con su bicicleta por los senderos más bonitos de León. Además, disfruta mucho de la cocina experimentando con recetas nuevas y creativas. Cuida mucho su alimentación dado que es seguidor del movimiento realfooding.

Intereses.

Desde temprana edad, Nacho ha sentido una pasión innata por los animales, lo cual ha alimentado su vocación de convertirse en veterinario. Además de su amor por la fauna, Nacho también es un entusiasta del jazz, encontrando en su melodía una fuente inagotable de inspiración y relajación. Sin embargo, cuando se sumerge en su cuenta de Spotify, suele optar por escuchar diversos podcasts, ya que disfruta ampliar sus conocimientos y explorar diferentes temáticas. Además, Nacho tiene un gran aprecio por el arte y la cultura, por lo que siempre se complace en asistir a galerías de arte y sumergirse en la expresión artística en todas sus formas.

Compras.

Disfruta adquiriendo ingredientes frescos y de alta calidad para sus experimentos culinarios, siempre priorizando los productos ecológicos. Además, destina parte de su presupuesto a la compra de equipos deportivos y gadgets tecnológicos que le permitan disfrutar al máximo de sus actividades físicas y mantenerse en forma. Asimismo, le encanta invertir su dinero en experiencias significativas que enriquezcan su vida, ya sea viajando a destinos exóticos, asistiendo a conciertos o participando en actividades culturales y artísticas que amplíen su horizonte.

Nombre. María

Edad. 44 años.

Residencia. San Sebastián

Profesión. Abogada



Valores.

María es conocida en su entorno como una persona dedicada y comprometida en exceso con su trabajo. Desde el nacimiento de su hija, ha enfrentado dificultades para equilibrar su vida profesional, su vida familiar y su propio tiempo. Esta situación ha contribuido a que María experimente problemas de sueño y ansiedad. Es una persona que se exige mucho a sí misma y valora el orden en todas las áreas de su vida.

Actividades.

Hasta el momento, María se había centrado principalmente en su trabajo, llegando incluso a quedarse hasta altas horas de la madrugada frente al ordenador. Sin embargo, este año ha tomado la decisión de inscribirse en clases de pilates, buscando dedicar un poco más de tiempo a sí misma. Siempre es la primera en despertarse en su hogar, ya que disfruta aprovechando las mañanas para diversas actividades: desde desayunar con sus amigas, hasta ocuparse de las tareas domésticas o compartir tiempo de calidad con su hija. Esta nueva rutina le permite encontrar un equilibrio entre sus responsabilidades y el cuidado de su bienestar personal.

Intereses.

Desde su infancia es una apasionada de la astronomía. Además, debido a los diversos viajes de negocio ha podido descubrir un nuevo hobby: el mundo de la decoración y elementos únicos. Cada vez que viaja a un sitio le gusta llevarse algo especial del país. Como abogada, también ha desarrollado un interés en los casos medioambientales dada la relación tan estrecha con la naturaleza. Quiere que el mundo en el que viva su hija siga siendo el mismo que el que ha podido disfrutar ella.

Compras.

Entre las compras más habituales de María se encuentran libros relacionados con astronomía y ciencia, artículos de decoración únicos y especiales que encuentra durante sus viajes, productos ecológicos y sostenibles para el hogar y la familia. Además, como abogada comprometida con la protección del medio ambiente, María también destina parte de sus compras a productos y servicios que promueven la sostenibilidad y la preservación del entorno natural.

Los tres buyer personas, Claudia, Nacho y María, comparten un fuerte compromiso con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. A través de sus elecciones de productos ecológicos, la integración de elementos naturales en sus diseños y su apoyo a causas ambientales, demuestran su deseo de promover un estilo de vida más sostenible. Asimismo, reconocen la importancia de equilibrar su bienestar personal y buscan actividades que les brinden calma, relajación y crecimiento personal, como practicar yoga, asistir a clases de pilates y disfrutar de actividades al aire libre. Aunque cada uno tiene intereses y pasiones individuales, como la decoración, la música jazz, el deporte, la astronomía y el arte, todos enriquecen sus vidas al explorar diferentes áreas de conocimiento y creatividad.

Con todo ello se puede decir, estos buyer personas son individuos conscientes y comprometidos que buscan un estilo de vida equilibrado, sostenible y alineado con sus pasiones e intereses personales. Sus decisiones de compra reflejan su deseo de contribuir al cuidado del medio ambiente, priorizar su bienestar personal y encontrar inspiración en la naturaleza y la cultura. Es por ello por lo que se considera que la luminaria debe cumplir con una serie de factores. Este tiene que presentar un diseño versátil que se adapte a diferentes estilos de decoración, permitiendo que los usuarios puedan incorporarla fácilmente en sus espacios. Además, se quiere conseguir que mantengan una conexión con la naturaleza por lo que incorporar elementos naturales podría ser una buena opción. El objetivo de esta lámpara también consiste en recrear un ambiente tranquilo y relajante.

13 Briefing

Mediante la utilización del briefing se quiere acotar mejor el concepto de la luminaria a diseñar. Es el punto de partida a la hora de diseñar y pretende solucionar una problemática. En este caso la problemática a solucionar sería el uso masivo de componentes electrónicos y efectos de la contaminación lumínica debido a las luminarias artificiales. Es por ello por lo que el briefing a desarrollar tendrá los siguientes requerimientos:

Requerimientos de uso

- Esta luminaria se colocará en el **interior** del hogar, preferiblemente en un dormitorio o en la sala de estar.
- La luminaria únicamente se utilizará **durante la noche**.
- Para generar iluminación se debe **girar** la luminaria **180°**.
- El **mantenimiento y limpieza** deben ser **sencillos**.

Requerimientos de función

- Debe tener un **sistema** de movimiento basado en la **gravedad**.
- La luminaria tiene que ser **duradera y resistente**.
- Este producto deberá poder tener una **segunda vida**.

- Se debe proporcionar **nutrientes** a los microorganismos.

Requerimientos estructurales

- La cantidad de **piezas** empleadas para el montaje de esta lámpara serán **mínimas**.
- La **estructura** debe ser capaz de **mover** el **líquido** en su interior.
- Su tamaño no será superior a **30x30x30** cm.
- El contenedor debe tener una capacidad mínima de **500 ml**.
- Se debe **acceder fácilmente** a los recipientes de los microorganismos para proporcionarles de una manera sencilla los nutrientes.

Requerimientos formales

- Se debe considerar un **tamaño reducido**.
- La estructura que contenga a los organismos vivos debe ser **traslúcido o transparente** para dejar pasar la luz.
- La estética del producto será **minimalista**.
- Los **colores y materiales** que se utilizan son **neutros**.

Requerimientos legales

- La luminaria cumplirá la normativa por el **Marcado CE**.
- Se emplearán **materiales** que cumplan la **normativa vigente**.

Requerimientos medioambientales

- Los **materiales** que utilizar deben ser **reutilizados y/o reciclados**.
- Se debe garantizar que todos los **materiales** sean **reciclables**, fácilmente **reutilizables y/o biodegradables**.
- Se debe garantizar el **fácil desmontaje** de la luminaria.
- La utilización de elementos de unión como **pegamentos** o diferentes adhesivos debe ser **mínima**.
- Se emplean **materiales resistentes y duraderos**.
- **No** se va a emplear el uso de **componentes electrónicos**.

14 Moodboards

En esta sección, se presentan una serie de paneles de inspiración con el propósito de explorar y profundizar en la estética deseada. La elaboración de moodboards facilita significativamente la comprensión de la visión que se busca transmitir en el proyecto y sirve como un sólido punto de partida en cualquier tarea que implique representación visual.

En los moodboards se encuentran diversas imágenes seleccionadas con atención. Cada imagen ha sido elegida considerando las sensaciones que suscitan en relación a los materiales, paletas de colores y acabados de los productos. De igual manera, se han incorporado productos que destacan por su contraste en materiales, lo cual podría resultar especialmente interesante en el proceso de inspiración.

Adicionalmente, se han incorporado en los moodboards productos relacionados con la luminaria a diseñar. Esto se ha hecho con el objetivo de explorar diversas morfologías y mecanismos que podrían encajar de manera efectiva con el producto deseado. Esta amplia gama de recursos visuales servirá como una sólida fuente de referencia a lo largo de todo el proceso de diseño y bocetado, ayudando a guiar y dar forma a la visión creativa de manera efectiva y precisa.



Figura 60. Moodboard 1



Figura 61. Moodboard 2



Figura 62. Moodboard 3

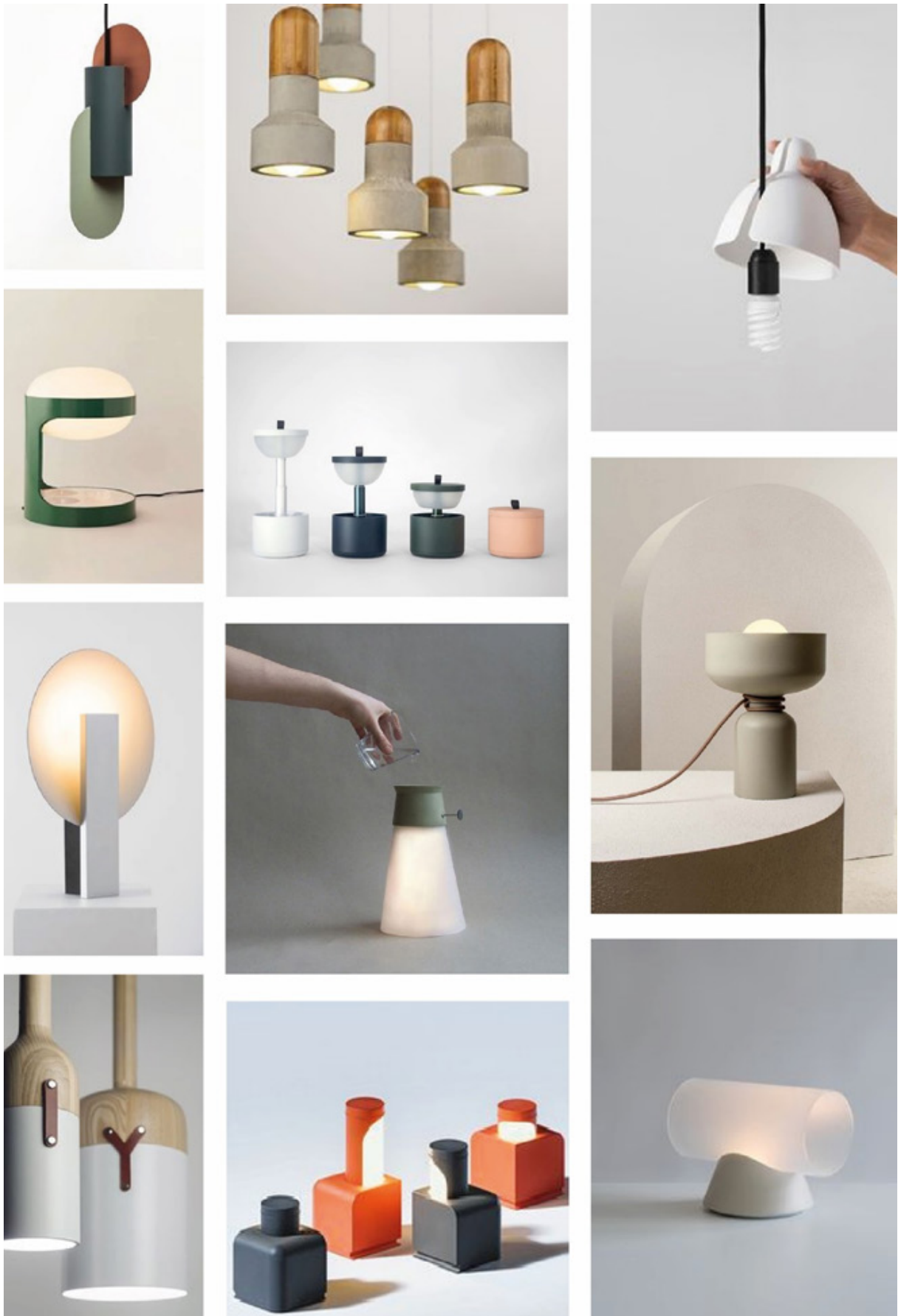


Figura 63. Moodboard 4

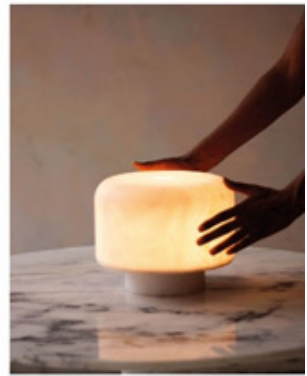
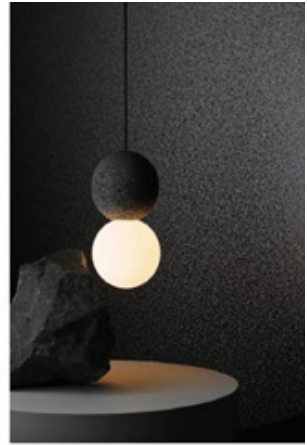
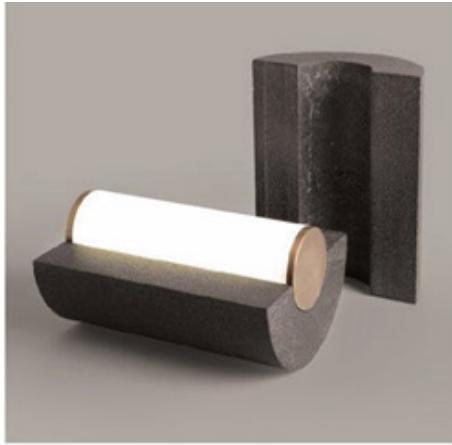


Figura 64. Moodboard 5

IV - DISEÑO CONCEPTUAL

15 Primeras ideas formales

En esta primera toma de contacto con la creatividad se han querido explorar las primeras ideas formales a través del bocetado, elemento claves del proceso creativo. En esta primera aproximación a las geometrías de la luminaria se ha pretendido lograr la máxima cantidad de conceptos posibles entorno al método del reloj de arena anteriormente mencionado.

Del mismo modo, también se han trabajado distintos subconceptos para la realización de esta exploración. Entre todos los bocetos se pueden encontrar lámparas basadas en el concepto de su belleza formal, además de algunas basadas en la aplicación de la economía circular. Este último subconcepto se ha querido reflejar en el diseño de una segunda vida para el producto. Es decir, una vez el usuario haya dado por finalizada la vida de la lámpara el usuario podrá convertir la misma estructura para crear un producto con otro propósito. Entre otras segundas funciones, se han considerado las siguientes:

- Vasos
- Jarrones
- Jarra de agua
- Decantador de vino
- Aceitero/Vinagrero
- Azucarero/Salero
- Salero/Pimentero
- Macetero
- Otros elementos de decoración

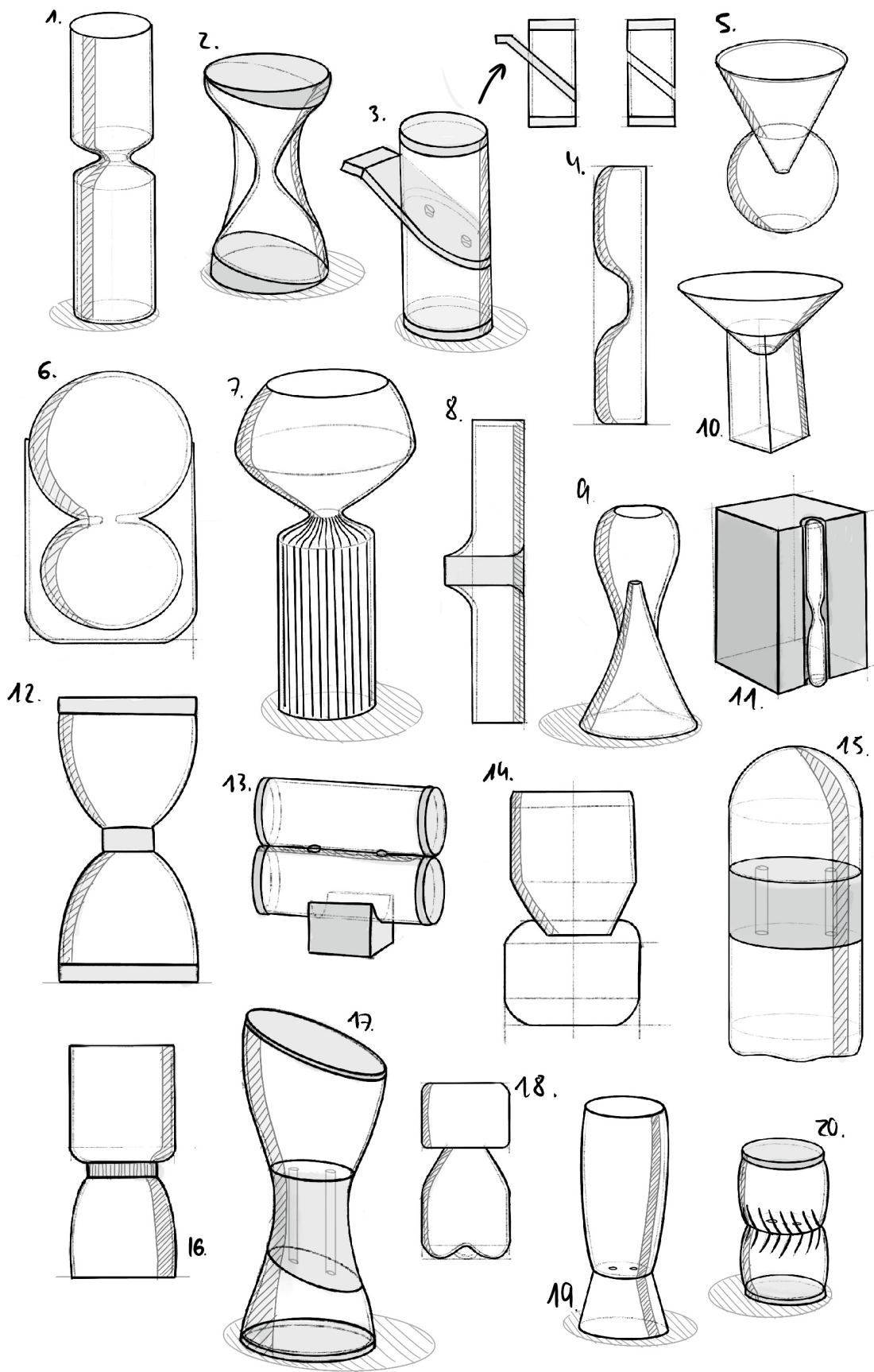


Figura 65. Bocetos 1-20

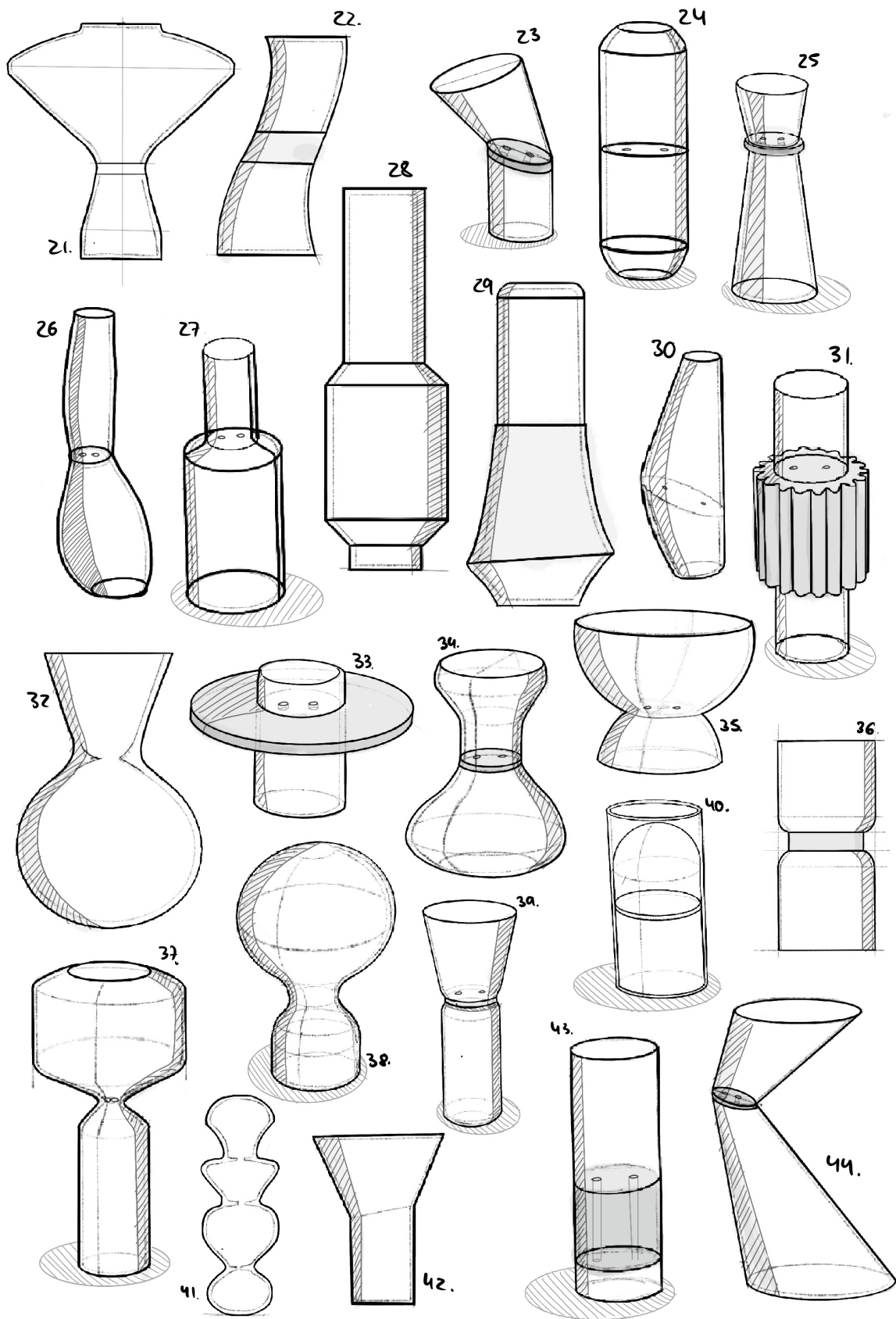


Figura 66. Bocetos 21-44

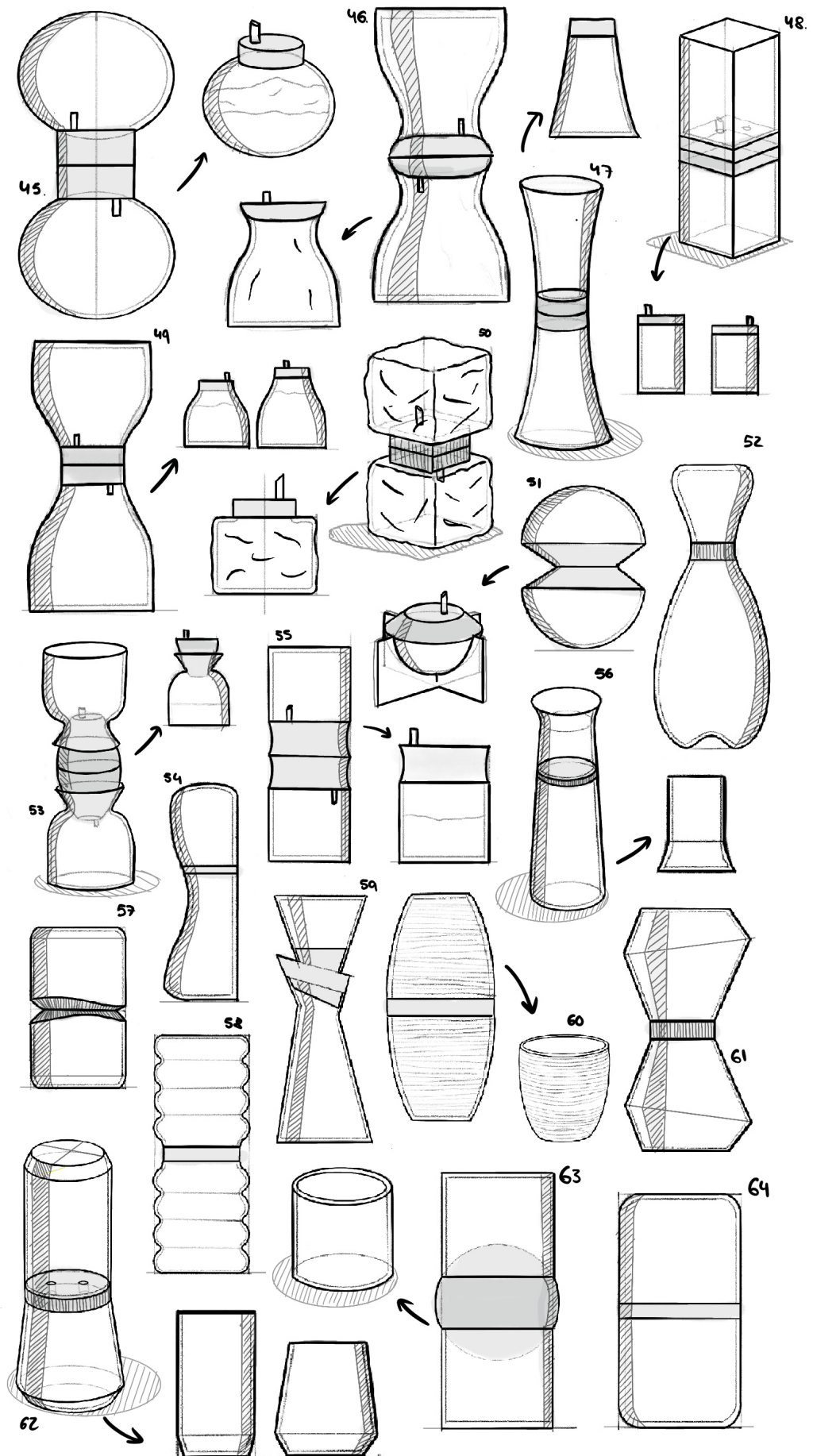


Figura 67. Bocetos 45-64

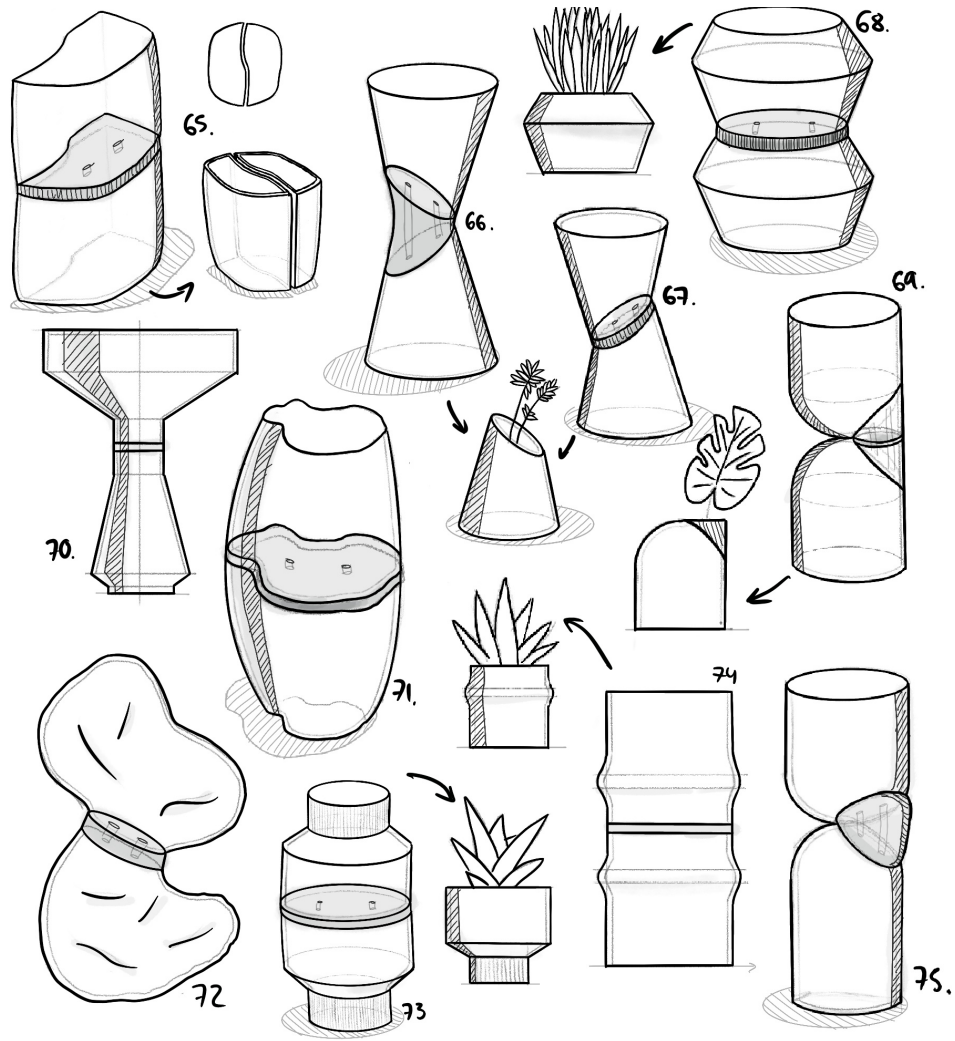


Figura 68. Bocetos 65-75

Después de evaluar todos los bocetos realizados, se ha determinado que los más prometedores para su desarrollo son el 59, 66 y 75. El primero se distingue por su forma irregular y la versatilidad de posibles usos, como jarra, vaso, florero o decantador. El segundo destaca por su agarre irregular y formas orgánicas que le confieren una apariencia ligera y estética. Por último, el tercero se caracteriza por sus formas geométricas compactas y su diseño simple pero interesante.

16 Desarrollo de conceptos

16.1 Versiones

Se han realizado distintas versiones de los 3 conceptos seleccionados en base a la segunda vida que se les daría a estos. Dado que se considera fundamental la implementación de la economía circular en este proyecto. Esto también se ha desarrollado con el fin de que en todas las fases de su vida el producto fuese óptimo, tanto en la primera como en esta segunda.

16.2 Primeras maquetas

Después de perfeccionar los conceptos, se ha observado que el primer y segundo concepto son muy similares, mientras que el tercero se destaca por ser más diferenciado por el elemento de unión entre los recipientes. Como siguiente paso, se han realizado maquetas rápidas para materializar estas ideas y evaluar las fortalezas y debilidades de cada diseño.

Estas maquetas se han realizado con el propósito de evaluar la viabilidad de cada propuesta y determinar el tamaño ideal de la luminaria a diseñar. Se ha optado por utilizar papel reciclado en su fabricación, ya que esta elección es sostenible y óptima para dar forma a los diseños y realizar experimentos con ellos. De esta manera, se ha buscado maximizar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental durante el proceso de prototipado.

Concepto 1



Figura 72. Maquetas Concepto 1

Se ha explorado la flexibilidad del papel para crear diversas formas en relación con este concepto. Como se puede apreciar en las imágenes siguientes, se ha experimentado con diferentes longitudes, tipos de conos y elementos centrales, buscando la manera más ergonómica y sencilla de hacer girar este producto. A continuación, se muestran los 4 subconceptos desarrollados en maqueta.

Concepto 1.1

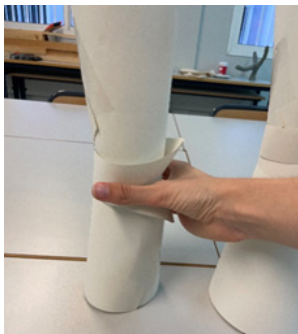


Figura 73. Maqueta Concepto 1.1

Se ha determinado que el primer concepto posee un tamaño adecuado y un volumen óptimo para cumplir con los requisitos de capacidad de 500 ml. Sin embargo, se ha observado que su diseño presenta una notable falta de inclinación, lo que afecta su atractivo general. Por tanto, se considera necesario realizar ajustes en su forma para lograr un resultado más estéticamente agradable.

Concepto 1.2



Figura 74. Maqueta Concepto 1.2

Este concepto destaca por su estética atractiva y distintiva. Sin embargo, es necesario evaluar si las dimensiones actuales se ajustan a los requisitos del proyecto, dado que se siente que es demasiado alto. Se debe buscar un equilibrio entre la estética y la funcionalidad, asegurando que el diseño sea atractivo y al mismo tiempo práctico.

Concepto 1.3



Figura 75. Maqueta Concepto 1.3

Aunque la altura de este concepto es apropiada, la marcada inclinación del cono plantea desafíos tanto en términos de ergonomía como de atractivo visual en comparación con las otras opciones disponibles. La inclinación del cono podría comprometer la comodidad de uso para los usuarios, lo que a su vez podría afectar su preferencia por este diseño. Desde el punto de vista estético, la inclinación del cono podría destacarse de manera desfavorable en comparación con las demás alternativas, lo que podría influir en la percepción visual del producto.

Concepto 1.4



Figura 76. Maqueta Concepto 1.4

La propuesta de diseño tiene el potencial de ser ampliada a una escala mayor, lo que podría resultar en un tamaño y una estética más llamativos. A pesar de esto, es importante resaltar las virtudes de su forma compacta y su cómodo agarre. En este sentido, sería conveniente considerar cuidadosamente la posibilidad de un aumento uniforme en sus dimensiones para optimizar tanto su impacto visual como su funcionalidad. Esta decisión debe tomar en cuenta cómo el cambio en el tamaño afectaría la percepción del producto y la experiencia del usuario, buscando alcanzar un equilibrio entre estética y practicidad.

Concepto 1.5



Figura 77. Maqueta Concepto 1.5

Después de considerar detenidamente las evaluaciones anteriores, se ha creado un nuevo concepto que fusiona los puntos fuertes de los diseños previos. Este enfoque innovador presenta un tamaño óptimo y una estética atractiva y sencilla que se adapta perfectamente a las necesidades del proyecto. Este diseño representa un equilibrio entre funcionalidad y apariencia, con el objetivo de capturar y expresar de manera eficaz la esencia y la misión de este proyecto.

Tras la evaluación de la primera maqueta, se determinó que este segundo concepto presentaba limitaciones en cuanto a su viabilidad. Aunque se reconocía su atractivo estético, se identificaron una serie de inconvenientes importantes. La unión lateral del diseño resultó en una considerable falta de estabilidad, especialmente al utilizar papel como material. Se consideró que, con un material más pesado, esta falta de viabilidad se acentuaría. Además, al probar el producto, se constató que carecía de ergonomía. En vista de estos problemas, se determinó que este concepto no era viable para su desarrollo.

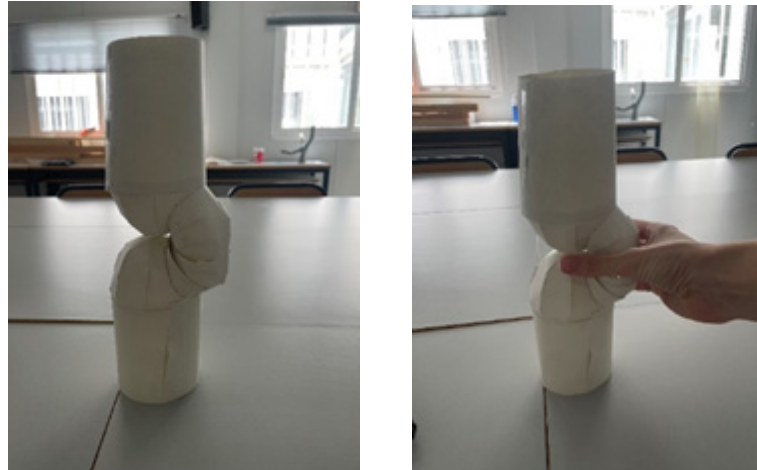


Figura 78. Maqueta Concepto 2

16.3 Justificación de la solución escogida

Tras evaluar la inviabilidad del segundo concepto, se ha seleccionado la solución del primer concepto como la más adecuada. Dentro de los cinco subconceptos estudiados, se ha determinado que el último se ajusta de manera óptima a todos los requerimientos del briefing. Sin embargo, es necesario realizar un desarrollo más detallado de esta idea para su implementación efectiva.

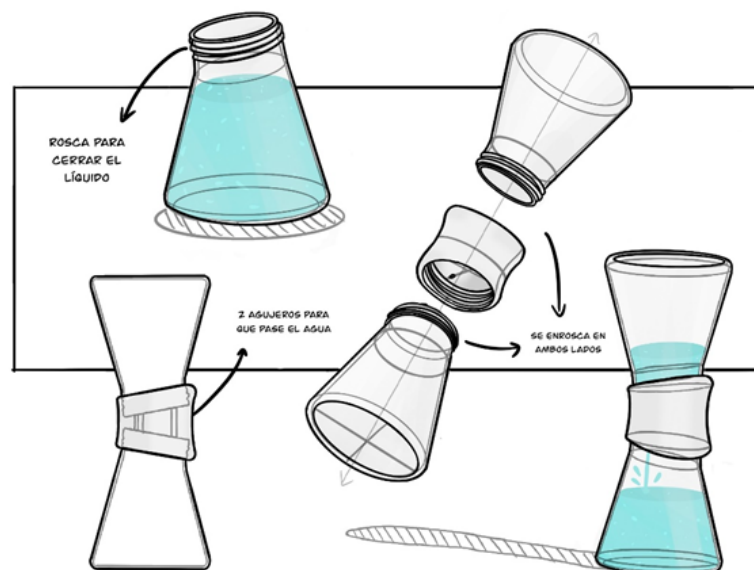


Figura 79. Solución Escogida

17 Desarrollo de la idea

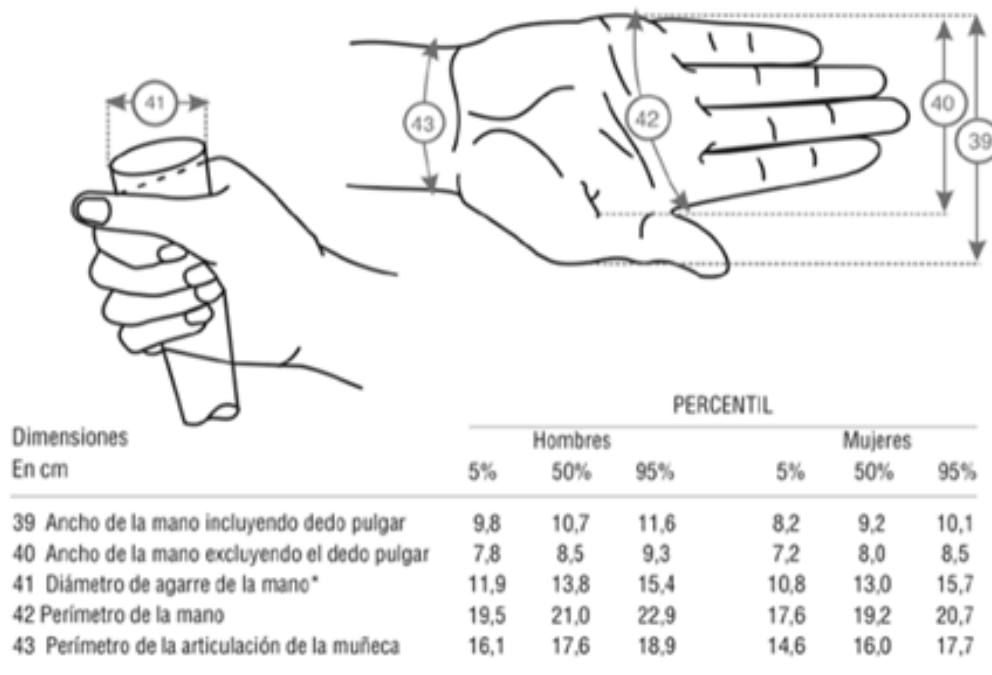
17.1 Evaluación ergonómica

La ergonomía desempeña un papel fundamental en el diseño, considerando aspectos como la adaptación a la forma de la mano, facilidad de apertura, estudio del peso y seguridad. En el caso de este producto, que requiere voltearlo para iluminarlo, se busca facilitar esta tarea mediante un diseño ergonómico que permita un giro fácil y cómodo. No obstante, se debe encontrar un equilibrio entre la ergonomía, la estética y la sostenibilidad, ya que la comodidad en esta acción breve no debe prevalecer sobre otros aspectos.

Se tomarán en cuenta medidas básicas del cuerpo humano para asegurar un agarre óptimo y se realizarán estudios de ángulos para garantizar la comodidad en el giro. Además, se considerará el fácil acceso y desenroscado para la adición de nutrientes periódicamente. Un análisis ergonómico detallará las medidas tanto de la pieza central como del tamaño y recipientes involucrados.

17.1.1 Medidas básicas del cuerpo humano

Para lograr un agarre óptimo, se tomarán en cuenta las siguientes medidas antropométricas del elemento central del producto, siguiendo la Norma DIN 33.402, parte 2. Se determinará el diámetro mínimo de agarre de la mano, asegurando que el diseño sea cómodo y se adapte a diferentes tamaños de manos. Asimismo, se considerará el diámetro máximo de agarre en los extremos del elemento central para evitar resbalones y proporcionar estabilidad al usuario. Estas medidas antropométricas se basan en la figura proporcionada a continuación:



* Las medidas correspondan al anillo descripto por los dedos pulgar e índice

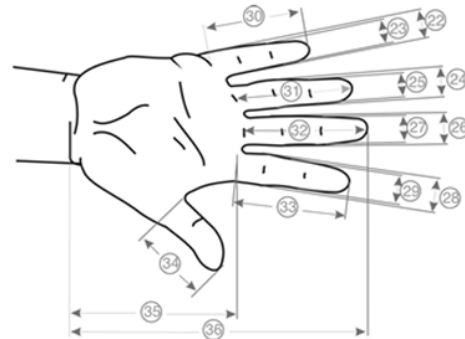
Figura 80. Tabla con las medidas de la mano (Melo, 2010)

Para calcular el diámetro mínimo y máximo de agarre de la mano, lo lógico sería utilizar la fórmula del perímetro, donde el perímetro (P) es igual a pi (π) multiplicado por el diámetro (d). Teniendo en cuenta los datos proporcionados en la figura X, se obtienen los siguientes resultados:

$$d_{\text{mín}} = 10,8 / \pi = 3,43 \text{ cm}$$

$$d_{\text{máx}} = 15,7 / \pi = 4,99 \text{ cm}$$

Sin embargo, se ha considerado que las medidas antropométricas establecidas pueden resultar demasiado restrictivas para el diseño de este elemento. Dado que no se requiere un agarre completo de la mano y se desea mantener la estética del producto, se ha decidido utilizar una medida de agarre que permita mayor flexibilidad. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el diámetro no debe exceder la longitud total de la mano. En este caso, se utilizará la medida P5 de las mujeres, estableciendo un límite máximo de 15,9 cm.



Dimensiones En cm	PERCENTIL					
	Hombres			Mujeres		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
22 Ancho del meñique en la palma de la mano	1,8	1,7	1,8	1,2	1,5	1,7
23 Ancho del meñique próximo a la yema	1,4	1,5	1,7	1,1	1,3	1,5
24 Ancho del dedo anular en la palma de la mano	1,8	2,0	2,1	1,5	1,6	1,8
25 Ancho del dedo anular próximo a la yema	1,5	1,7	1,9	1,3	1,4	1,6
26 Ancho del dedo mayor en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
27 Ancho del dedo mayor próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,4	1,5	1,7
28 Ancho del dedo índice en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
29 Ancho del dedo índice próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,3	1,5	1,7
30 Largo del dedo meñique	5,6	6,2	7,0	5,2	5,8	6,6
31 Largo del dedo anular	7,0	7,7	8,6	6,5	7,3	8,0
32 Largo del dedo mayor	7,5	8,3	9,2	6,9	7,7	8,5
33 Largo del dedo índice	6,8	7,5	8,3	6,2	6,9	7,6
34 Largo del dedo pulgar	6,0	6,7	7,6	5,2	6,0	6,9
35 Largo de la palma de la mano	10,1	10,9	11,7	9,1	10,0	10,8
36 Largo total de la mano	17,0	18,6	20,1	15,9	17,4	19,0

Medidas respectivamente en la articulación (Según Norma DIN 33 402, 2ª parte)

Figura 81. Tabla con las medidas principales de la mano (Melo, 2010)

17.1.2 Ángulos de confort

Se ha visto conveniente realizar una evaluación ergonómica de la postura, analizando los ángulos de confort. Los ángulos de confort representan los rangos en los cuales la mayoría de las personas se sienten cómodas realizando determinados movimientos. Al analizar los ángulos de confort, se busca diseñar productos que se adapten a las capacidades y preferencias de la mayoría de los usuarios. Estos ángulos pueden variar según el tipo de movimiento, la posición del cuerpo y las características individuales de los usuarios.

En el caso de este producto, y teniendo como referencia los ángulos de confort de la figura 82, se puede concluir que el movimiento a realizar para girar este producto no entra en los ángulos de confort del movimiento de la mano, aunque sí que entra en los ángulos límite del ángulo de la mano.

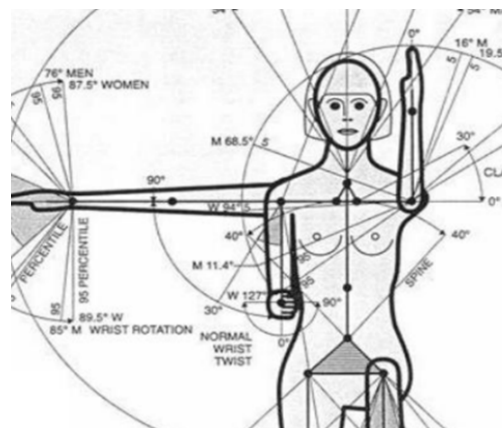


Figura 82. Ángulos de Confort

Tomando en cuenta la figura, se puede observar que el ángulo límite de confort para este movimiento es de 90°. Sin embargo, en el caso de este producto, el ángulo de giro requerido es de 180°. Aunque este movimiento no sea completamente ergonómico, es importante destacar que se trata de un movimiento puntual que el usuario realizará ocasionalmente. Además, este tipo de movimiento es común en las actividades diarias de las personas. Por lo tanto, se ha considerado que, a pesar de no cumplir con los ángulos de confort establecidos, el producto sigue siendo funcional y accesible para su uso.

17.1.3 Otros factores a tener en cuenta

El peso de un objeto es un factor importante para considerar desde el punto de vista ergonómico. Un peso inadecuado puede generar dificultad para manipular un producto. El peso de un objeto debe ser adecuado para que la mayoría de los usuarios puedan levantarlo, sostenerlo y manipularlo sin dificultad excesiva. Teniendo en cuenta que el peso principal del objeto a diseñar se debe el líquido bioluminiscente en su interior, la medida de los contenedores se va a limitar a la cantidad mejor manejable por el usuario. De la misma forma se pretende que sea la máxima cantidad de líquido para que la duración de la lámpara con un solo giro sea la máxima. Es por ello por lo que se mantiene la medida de un volumen de 500 ml.

También hay que tener muy en cuenta la distribución de este peso. Distribuir el peso de manera uniforme o estratégica puede contribuir a un mejor equilibrio y control del objeto durante su manipulación. Para ello se ha ubicado el centro de gravedad del objeto cerca del punto de agarre o manipulación principal puede ayudar a lograr una mejor distribución del peso. Esto implica posicionar la mayor parte del peso cerca de donde se encuentra la mano o los dedos al sostener el objeto.

17.2 Modificaciones

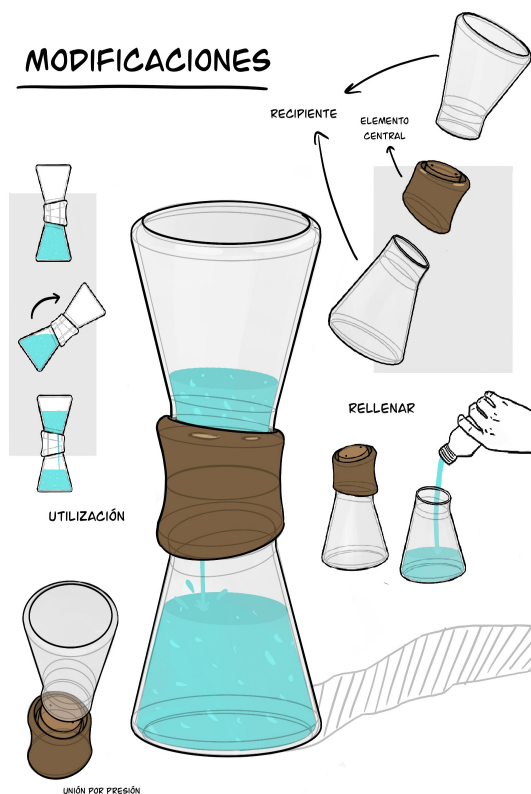


Figura 83. Modificaciones

Para lograr un producto completamente viable para la fabricación, se ha identificado la necesidad de realizar ciertas modificaciones. A pesar de que las piezas denominadas "recipientes" en el diseño no presentan complicaciones en su fabricación a nivel industrial, surgió un desafío con respecto a la rosca al crear el modelo. Además, contemplando los principios de la Economía Circular, la simplificación tanto en elementos de unión como del producto hace que esta luminaria sea una opción mejor a la anteriormente propuesta.

Por ende, se ha tomado la decisión de utilizar otro método de unión comúnmente empleado para contener alimentos: el cierre por compresión. Para ello se requiere de un material con la capacidad de deformarse bajo presión, así logrando un sellado hermético. O en caso de que no sea suficiente, se podría considerar la implementación de juntas tóricas. A continuación, se presentan algunos bocetos que ilustran la modificación propuesta:

17.3 Selección de materiales

La selección de materiales para este proyecto fundamental, ya que no solo debe adaptarse a la fabricación de las piezas, sino también considerar el impacto en términos de sostenibilidad del diseño. Por lo tanto, se dará especial atención a la capacidad de reciclaje, así como a la durabilidad y resistencia del material.

Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los aspectos favorables y desfavorables de cada material utilizando principalmente la base de datos de Granta EduPack. Este estudio se enfocará en el elemento central de agarre, así como en el recipiente utilizado para los dinoflagelados.

17.3.1 Elemento central de agarre y cierre

17.3.1.1 Acero inoxidable

El acero inoxidable es conocido por su alta resistencia y durabilidad. Es un material robusto que puede soportar el uso diario, golpes y caídas sin deformarse ni deteriorarse fácilmente. Esto garantiza que la tapa y el agarre del recipiente sean duraderos y puedan resistir el paso del tiempo. El acero inoxidable es altamente resistente a la corrosión y al óxido. Esta propiedad lo hace especialmente adecuado para estar en contacto con líquidos y alimentos.

Aspectos negativos: El acero inoxidable es un material relativamente pesado en comparación con otros materiales más livianos, como el plástico. El acero inoxidable tiende a ser más costoso en comparación con otros materiales, como el plástico o la madera. El acero inoxidable es un buen conductor del calor, lo que podría perjudicar significativamente a las microalgas en su interior.

17.3.2 Aluminio

El aluminio destaca por su versatilidad en términos de maleabilidad y capacidad de ser trabajado en diversas formas. Además, es altamente reciclable, permitiendo su reutilización sin perder sus propiedades originales. El aluminio forma naturalmente una capa de óxido en su superficie, lo que le brinda una excelente protección contra la corrosión. Por último, su característica de ser un material ligero lo convierte en una opción ideal para aplicaciones donde se busca reducir el peso sin comprometer la resistencia requerida.

Aspectos negativos: Por un lado, su conductividad térmica y eléctrica puede ser un inconveniente dado que quizás podría perjudicar a los organismos. Además, el aluminio tiende a ser más costoso en comparación con otros materiales, lo que puede limitar su accesibilidad y uso en ciertos proyectos o productos. Por último, el aluminio puede ser menos resistente a la abrasión en comparación con otros metales, lo que implica que se requiere un mayor cuidado y mantenimiento para evitar posibles daños en su superficie.

17.3.1.3 Silicona

La silicona es un material flexible y suave al tacto, lo que la hace muy cómoda de agarrar. Su textura antideslizante proporciona un agarre seguro, incluso cuando las manos están húmedas o resbaladizas. Esto es especialmente beneficioso en recipientes que pueden contener líquidos. La silicona es conocida por su excelente resistencia al calor y al frío extremos, lo que puede favorecer a mantener a las microalgas en un ambiente mucho más seguro. La silicona es moldeable y se adapta a diferentes formas y diseños. Esto permite una amplia gama de opciones de diseño para la tapa y el agarre del recipiente.

Aspectos negativos: tiene limitaciones de reciclaje. No es común utilizar silicona como material utilizado para cierres para líquidos debido a su flexibilidad y suavidad. Este tipo de cierres generalmente requiere un material más rígido y resistente para garantizar un cierre seguro y hermético.

17.3.1.4 Madera

La madera tiene una belleza natural y un aspecto cálido que la hace atractiva en muchos contextos. Dependiendo de la especie de madera utilizada, la madera puede ser bastante resistente y duradera. La madera tiene buenas propiedades aislantes térmicas, por lo que puede ayudar a regular la temperatura en el interior de los productos.

Aspectos negativos: es un material natural que puede expandirse, contraerse o deformarse en respuesta a los cambios de humedad y temperatura. Limitación de diseño por dificultad de fabricación.

17.3.1.5 Corcho

El corcho es un material extremadamente ligero, lo que lo hace ideal para aplicaciones en las que se requiere reducir el peso del producto. Esto puede ser beneficioso en términos de transporte, manejo y comodidad de uso. El corcho tiene excelentes propiedades aislantes tanto térmicas como acústicas. Es capaz de reducir la transmisión de calor, frío y sonido. El corcho es un material sostenible y respetuoso con el medio ambiente. La extracción de la corteza del alcornoque no daña el árbol y puede repetirse cada varios años.

Además, el corcho es biodegradable y se puede reciclar para darle nuevos usos. El corcho es resistente a la mayoría de los productos químicos, lo que lo hace adecuado para su uso en contacto con sustancias diversas. Además, el corcho es duradero y puede mantener sus propiedades a lo largo del tiempo si se le da el cuidado adecuado. Su principal función suele ser proporcionar un sellado hermético mediante la compresión y expansión del corcho al insertarlo en el cuello de la botella.

Aspectos negativos: Aunque el corcho es resistente al agua, es importante protegerlo adecuadamente para evitar daños por exposición prolongada o sumersión en agua.

17.3.1.6 Cerámica

La cerámica es un material inerte y no reacciona químicamente con las sustancias en su interior. Esto la convierte en una opción segura para contener microalgas bioluminiscentes, ya que no liberará sustancias tóxicas ni interactuará negativamente con las microalgas.

La cerámica es un material conocido por su resistencia y durabilidad. Puede soportar el peso de las microalgas y resistir la manipulación frecuente sin deteriorarse fácilmente. La cerámica tiene propiedades de aislamiento térmico, lo que puede ser beneficioso para mantener una temperatura adecuada para las microalgas en el interior del contenedor.

Dependiendo del tipo de cerámica utilizada, es posible encontrar opciones más sostenibles y eco-amigables, como la cerámica hecha de arcilla u otros materiales naturales. Estos materiales pueden ser extraídos de fuentes renovables y procesados con métodos de producción más responsables desde el punto de vista medioambiental. La cerámica puede ser moldeada y mecanizada para distintos tipos de cierres, permitiendo un cierre seguro y hermético.

Aspectos negativos: la cerámica tiende a ser más pesada que otros materiales utilizados en tapas de contenedores, lo que puede aumentar el peso total del producto. Además, la cerámica es un material relativamente frágil, por lo que es importante manejarla con cuidado y evitar aplicar fuerza excesiva que pueda ocasionar daños o roturas.

17.3.1.7 Plástico Biodegradable

El plástico biodegradable se descompone más rápidamente que los plásticos convencionales, lo que podría reducir el potencial impacto ambiental en caso de que el contenedor de microalgas llegue a descomponerse y liberar el plástico al medio ambiente. Algunos plásticos biodegradables se fabrican a partir de fuentes renovables, como almidón de maíz, fécula de patata, caña de azúcar o aceites vegetales. Estos materiales renovables ofrecen una alternativa más sostenible a los plásticos derivados del petróleo.

Aspectos negativos: El uso de plástico, incluso si es biodegradable, puede tener impactos en el cultivo de microalgas. Por ejemplo, la interacción entre el plástico y las microalgas puede afectar su crecimiento, comportamiento o metabolismo (Hernández-Maldonado & Farrés, 2021). Los plásticos biodegradables suelen tener una vida útil más corta que los plásticos convencionales, lo que significa que podrían deteriorarse más rápidamente con el tiempo.

Tras analizar todas las ventajas e inconvenientes de los materiales evaluados, se ha determinado que el corcho reciclado es la opción más adecuada para este proyecto. Su capacidad de ser reciclado repetidamente sin perder sus propiedades, junto con su maleabilidad, lo convierten en una alternativa óptima. No obstante, es importante tener en cuenta que se debe proteger adecuadamente para evitar daños y asegurar su durabilidad en el producto final.

17.3.1 Recipiente

Considerando la información previamente mencionada acerca del impacto potencial del plástico en el cultivo, incluso cuando es biodegradable o reciclado, se ha descartado por completo el uso de plástico como material para el recipiente. En su lugar, se ha propuesto la utilización de vidrio reciclado. Se trata de un material ideal para el contenedor de microalgas bioluminiscentes debido a sus características únicas y beneficios medioambientales.

La primera característica que debe tener este material es que pueda ser transparente. El vidrio permite una excelente visibilidad de las microalgas bioluminiscentes en su interior. Esta transparencia es esencial para apreciar y disfrutar plenamente del efecto luminoso de las microalgas, creando una experiencia visual impactante.

Utilizar vidrio reciclado contribuye a la reducción de residuos y al ahorro de recursos naturales. Al optar por vidrio reciclado en lugar de vidrio nuevo, se disminuye la demanda de materias primas vírgenes, como arena y carbonato de sodio. Esto no solo reduce la explotación de los recursos naturales, sino que también implica un menor consumo de energía en el proceso de fabricación del vidrio. Además, el vidrio es un material reciclable de manera infinita, lo que significa que puede ser reciclado repetidamente sin perder ninguna de sus propiedades y características. Esto lo convierte en una opción altamente sostenible, ya que puede ser reciclado una y otra vez, evitando que termine en vertederos o se convierta en residuo, favoreciendo una circularidad en la vida del producto.

El vidrio reciclado ofrece una buena resistencia y durabilidad, lo que es importante para garantizar que el contenedor pueda soportar el peso de las microalgas y su manipulación. Además, el vidrio reciclado conserva su integridad estructural a lo largo del tiempo, lo que asegura una larga vida útil del contenedor.

Es un material inerte y que no reacciona químicamente con las sustancias en su interior. Esto lo convierte en una opción segura para contener microalgas bioluminiscentes, ya que no libera sustancias tóxicas que puedan afectar a las microalgas o al entorno. Además, el vidrio no altera las propiedades de los contenidos, lo que garantiza la integridad de las microalgas.

17.4 Propuesta final

La propuesta final se fundamenta en el método de reloj de arena para crear un flujo en el líquido que contiene los organismos bioluminiscentes, garantizando una adecuada oxigenación y agitación para la reacción de bioluminiscencia. El cierre del producto es simple y fácil de utilizar, gracias a la flexibilidad del corcho se asegura una hermeticidad en el interior por compresión y evita posibles derrames.

También se ha tenido en cuenta la economía circular en todo el diseño, buscando darle una segunda vida al producto e integrando elementos que favorecen la circularidad en su ciclo de vida. Se ha optimizado el número de piezas, constando únicamente de 2 recipientes y un elemento central. Del mismo modo, las uniones entre dichos elementos están pensadas para lograr un fácil desmontaje en caso de reparación, remanufactura o reciclaje. Además, se ha priorizado el fácil acceso a las piezas para un mantenimiento práctico y prolongar su durabilidad. La propuesta final refleja una combinación entre innovación, diseño para la sostenibilidad y facilidad de uso en su diseño.



Figura 84. Propuesta Final

V - DISEÑO DE DETALLE

18 Descripción de la Solución Adoptada

En esta sección del proyecto, se procederá a profundizar en el proceso técnico necesario para llevar a cabo la propuesta concebida en la fase de diseño conceptual. Esto implica la definición específica de los componentes clave del producto, así como una explicación exhaustiva de los elementos que garantizan su viabilidad técnica para su futura fabricación. Se establecerán conexiones entre todas las piezas, tanto las diseñadas internamente como las disponibles en el mercado, proporcionando un análisis pormenorizado de sus características técnicas, funcionalidades, materiales, métodos de producción y sistemas de ensamblaje.

18.1.1 Piezas Comerciales

18.1.1.1 Organismos bioluminiscentes

Denominación. Organismos bioluminiscentes

Cantidad. 500 ml

Función. Estos organismos deben crear bioluminiscencia como elemento esencial de la lámpara.

Material. Pyrocystis lúnula

Distribuidor. BioGlow



Figura 85. Organismos Bioluminiscentes (BioGlow, 2023)

18.1.2 Piezas Diseñadas

18.1.2.1 Elemento Central

Denominación. Elemento Central

Cantidad. 1

Función. Este elemento cumple con dos funciones esenciales: unión de los dos recipientes y conductor del flujo del líquido.

Dimensiones.

Altura. 71,75 mm

Anchura. 72 mm

Diámetro de Agujero. 3 mm



Figura 86. Elemento Central

Material. Corcho reciclado. Destaca por su ligereza, sus propiedades aislantes, maleabilidad, reciclabilidad y su durabilidad.

Procesos de fabricación. El proceso comienza con la molienda de gránulos de corcho. Estos gránulos se aglomeran en moldes utilizando calor, presión y un aglutinante específico. Después del prensado y calentamiento en un horno, el aglomerado se desmolda. El elemento se somete a un proceso de lijado para eliminar imperfecciones, y finalmente se aplica un protector para mejorar la durabilidad.

Sistema de unión. El elemento central se une herméticamente al recipiente inferior y al superior mediante compresión, aprovechando la flexibilidad del corcho.

Denominación. Recipiente

Cantidad. 2

Función. este elemento debe contener los organismos bioluminiscentes.

Dimensiones.

Altura. 125 mm

Diámetro de la base. 106 mm

Diámetro de la boca. 57 mm



Figura 87. Recipiente

Material. Vidrio Reciclado. Este material se ha escogido por diversas propiedades como la transparencia, la resistencia, la reciclabilidad y la fácil limpieza, además de no intervenir con los organismos bioluminiscentes.

Procesos de fabricación. El vidrio líquido se vierte en moldes de la forma deseada para el producto. En el proceso de soplado, un trabajador especializado introduce una varilla hueca en el vidrio líquido en el molde y sopla aire a través de ella. Esto crea presión dentro del vidrio y le da forma al recipiente. Una vez que se ha formado, se retira del molde y se coloca en una cinta transportadora donde se enfría lentamente.

Sistema de unión. El recipiente se une con el elemento central. Para conseguir que sea hermético, se ha considerado que gracias a la flexibilidad del corcho y el juego que ofrecen las tolerancias.

19 Modelo

La creación del modelo es una etapa fundamental en el desarrollo del proyecto, ya que permite poner a prueba y validar las ideas y conceptos propuestos. A través de la fabricación y prueba del modelo, se obtiene información valiosa sobre la viabilidad técnica del diseño, su funcionalidad y su eficacia en términos de contención de los organismos. Además, este proceso de fabricación del modelo permite identificar posibles mejoras y ajustes necesarios antes de avanzar a la producción a gran escala, lo que contribuirá a asegurar que el producto final cumpla con los estándares de calidad y satisfaga las necesidades de los clientes de manera óptima.

Debido a ciertas restricciones temporales, el prototipo no estará completamente preparado en el momento de la entrega de los documentos, pero estará listo para su presentación durante la defensa del trabajo.

Para lograrlo, se ha optado por fabricar los recipientes utilizando tecnología de impresión 3D

y resina transparente, que confiere al material una apariencia similar a la del cristal. Para llevar a cabo la impresión 3D, se dividió la pieza en dos partes separadas. Una vez impresas, estas se ensamblaron utilizando un adhesivo a base de cianoacrilato para garantizar una unión sólida.

El elemento central se ha confeccionado a partir de un bloque de corcho, el cual se ha modelado mediante cortes precisos y posteriormente se ha lijado cuidadosamente para lograr una apariencia más cercana al modelo deseado. Luego, todos los componentes se ensamblaron meticulosamente.

VI - RESULTADOS FINALES

20 Presentación final del producto

A continuación, se mostrará la lámpara Aroa. Su nombre, de origen euskera, lleva consigo el significado de 'era' queriendo representar el inicio de una nueva era en la iluminación. Esta lámpara simboliza la transición hacia una iluminación más sostenible y responsable, eliminando la contaminación lumínica y promoviendo un enfoque consciente en nuestras decisiones de consumo. Con Aroa estamos encendiendo el camino hacia un futuro luminoso y respetuoso con el medio ambiente.

Esta lámpara funciona sin ningún componente electrónico, utilizando únicamente la bioluminiscencia como fuente de iluminación. Para encenderse únicamente necesita la acción de un humano para darle la vuelta a la lámpara y así generar un flujo en el líquido bioluminiscente en su interior. Se trata de un movimiento sencillo que mantiene durante algunos minutos la reacción de bioluminiscencia.



Figura 88. Render Luminaria

La versatilidad de este producto reside en su simplicidad y la elección cuidadosa de materiales como el vidrio y el corcho. A continuación, se presenta una serie de representaciones visuales que ilustran cómo esta luminaria puede armonizarse en diversos ambientes, desde el dormitorio hasta el salón, demostrando su capacidad de adaptación y su capacidad para enriquecer cualquier espacio.



Figura 89. Luminaria en diferentes ambientes

En consonancia con el enfoque en la Economía Circular que ha sido central en todo el proyecto, se ha partido por diseñar el producto para ser reutilizable. Para ello se han escogido materiales duraderos y resistentes, además de contemplar la funcionalidad y la sencillez como eje principal del diseño para que siga siendo atractivo a pesar de que las modas cambien. El apego emocional en este proyecto también resulta esencial para que el usuario decida preservarlo el máximo tiempo posible. Este producto requiere un mantenimiento ocasional, lo que hace que la conexión con él sea esencial para asegurar su longevidad, similar a la relación que las plantas necesitan con quienes las cuidan. Las personas que aprecian la naturaleza pueden sentir una afinidad con los fenómenos naturales y encontrar una conexión emocional en esta lámpara. Además, para algunos, su apego emocional puede surgir de la curiosidad y el interés en la fascinante ciencia detrás de la bioluminiscencia. Este producto ha sido diseñado con la idea de ofrecer una gran versatilidad en su reutilización. Así, puede transformarse su modo de empleo de diversas maneras como:

- Vasos
- Jarrones
- Tetera
- Creador de Agua Infusionada de Fruta
- Azucarero/Salero
- Salero/Pimentero
- Otros elementos de decoración

En las siguientes imágenes se puede observar algunos de los segundos usos mencionados que se le puede dar al objeto:



Figura 90. Segundo uso

Del mismo modo, el diseño cuenta con un sistema de cierre y apertura muy sencillo que garantiza una hermeticidad gracias a la flexibilidad del corcho y el juego que ofrecen las tolerancias. De esta forma se ha conseguido que Aroa simplemente conste de 4 elementos: 2 recipientes, 1 elemento central y el fitoplancton. Esta simplificación en las piezas no solo evita el malgasto de recursos, sino que facilita al usuario el mantenimiento de la lámpara haciéndolo accesible para limpiar o nutrir a los organismos. También se ha facilitado el desmontaje de Aroa para garantizar una reparación más sencilla, además de plantear un modelo de negocio que ofrezca venta de piezas de recambio para una fácil reparación por los clientes. Del mismo modo, la refabricación también sería una opción posible que integrar en dicho modelo de negocio para continuar la circularidad. Por último, dado que el corcho y el vidrio son reciclables infinitamente se puede asegurar que, si los usuarios lo desearan podría pasar por el sistema de reciclaje.

21 Conclusiones Finales

Este proyecto constaba de la gran dificultad que suponía la implementación de un sistema revolucionario de iluminación como lo es la bioluminiscencia. A falta de conocimiento y recursos de investigación de biotecnología no se ha podido lograr organismos bioluminiscentes que garanticen un sistema de iluminación eficaz. Esto se debe a que los organismos utilizados para este proyecto tienen una limitación tanto en la resistencia a ciertas temperaturas como de horarios de iluminación. No obstante, empresas como Glowee ya están empezando a tener presencia con organismos mejorados genéticamente que son mucho más eficientes en términos de producción de luz (intensidad, estabilidad y eficiencia), resistencia a diferentes temperaturas, cambios de la temperatura de luz y los horarios de iluminación. Es por ello por lo que se considera que, una vez el ámbito de la bioluminiscencia esté más desarrollado este tipo de productos no solo serán completamente viables, sino que serán una opción mucho más sostenible a los sistemas actuales de iluminación.

A pesar de las limitaciones en los organismos, durante la investigación realizada en el planteamiento de soluciones de movimiento se ha logrado un flujo de líquido que potencia la intensidad del fitoplancton con el que se ha trabajado. Además, el sistema de "reloj de arena" ha sido clave en el diseño de Aroa. Es un sistema que ha permitido la simplificación y la reducción de las piezas empleadas como contenedor de los organismos. De la misma forma, esa inspiración en la forma convencional del reloj de arena lo que distingue a esta luminaria, ofreciendo una combinación de simplicidad y funcionalidad. Sin embargo, con este diseño se ha querido crear un alejamiento de esa estética armoniosa y simétrica típica de los relojes de arena, añadiendo elementos irregulares y orgánicos. Se pretende transmitir una sensación que recuerde a la autenticidad e imperfección que se encuentra habitualmente en la naturaleza como árboles o rocas. De esta forma, el diseño biofílico está muy presente con el fin de crear un espacio de calidez, relajación y bienestar.

Pese a que la anteriormente mencionada reducción de piezas sea plasmada como un beneficio, se duda de la eficacia que presenta el sistema de unión en cuanto a hermeticidad en un futuro. El desgaste que se pueda proporcionar debido a la utilización o mala utilización del producto es algo que podría afectar a su durabilidad. Es por ello que, si en un futuro se descubriese dicho fallo se podría plantear otra vez la introducción de la rosca y de juntas tóricas como otra opción de unión. Aunque este sistema plantease más piezas es imprescindible que no haya fugas de líquido. Este sistema únicamente fue descartado por la inviabilidad de ejecución del modelo para testear la efectividad de este proyecto.

Cabe destacar la importancia que ha tenido la Economía Circular en este proyecto. Se han

aplicado sus principios lo máximo posible teniendo en cuenta el diagrama de la mariposa (Fundación Ellen MacArthur, 2023) donde lo más importante es fomentar la reutilización del producto con un buen diseño y pasando por todas sus fases hasta llegar al reciclaje.

Por último, se considera imprescindible recalcar la gran necesidad que existe por buscar alternativas a la iluminación tradicional que contribuye a la Contaminación Lumínica. Aroa refleja la profunda pérdida que muchos de nosotros hemos experimentado: la incapacidad de ver el cielo estrellado durante la noche. La contaminación lumínica nos ha privado de este espectáculo natural y asombroso que ha inspirado a generaciones durante siglos. En un mundo donde la frontera entre el día y la noche se ha vuelto difusa es fundamental restaurar el equilibrio. La luz artificial que inunda nuestras ciudades afecta negativamente nuestra salud y la de la naturaleza. Este desequilibrio es un reflejo de una tendencia más amplia de consumo excesivo y sin conciencia. Proyectos como este son necesarios no solo para crear cierta conciencia, sino para inspirar un cambio significativo en la forma en que los humanos interactúan con la naturaleza y promover un mayor respeto por el entorno.

VII - BIBLIOGRAFÍA

- 4N4DESIGN. (2003). BIOLUMINESCENT LAMP. Obtenido de 4N4DESIGN: <https://4n4design.com/en/projects/bioluminescent-lamp/>
- Aclara Lighting. (2023). Smart Table. Obtenido de Aclara Lighting: <https://aclaralighting.com/es/productos/smart-table>
- AENOR. (marzo de 2022). Certificación sostenible para los productos industriales. Obtenido de AENOR: <https://www.aenor.com/conocenos/sala-de-informacion-aenor/noticias/certificacion-sostenible-para-los-productos-industriales>
- Alberich, J., Gómez Fontanills, D., & Ferrer Franquesa, A. (2014). Percepción visual. Universitat Oberta de Catalunya.
- Ambrose Steve, O. (junio de 2017). MANAGING CRIME THROUGH STREETS LIGHTING STRATEGY, A CASE STUDY OF SHAURI MOYO ESTATE STREETS' IN NAIROBI CITY COUNTY - KENYA. KENYATTA: KENYATTA UNIVERSITY.
- APCOR Associação Portuguesa de Cortiça. (2023). Composite Agglomerates. Obtenido de APCOR Associação Portuguesa de Cortiça: <https://www.apcor.pt/en/cork/processing/industrial-path/composite-agglomerates/>
- Arbelaez Hernández, J. A. (2020). Arquitectura sin fronteras. Influencia de los equipamientos colectivos en el desarrollo personal de los jóvenes vulnerables del. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Ardanaz García, T. (2009). La Psicomotricidad en la Educación Infantil. Innovación y experiencias educativas.
- Arroyo, R., & Jiménez, R. V. (2014). Tecnología Led para un Programa Mejorado de Luz Sustentable. Mundo Siglo XXI.
- Azman, M., Dalimin, M. N., Mohamed, M., & Abu Bakar, M. F. (2019). A Brief Overview on Light Pollution. Obtenido de Earth Environ: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/269/1/012014/pdf>
- Bicycle Glass Co. (2023). 767 Lunar: Single Pendant Light. Obtenido de Bicycle Glass Co: <https://bicycleglass.com/products/lunar-single-pendant-light-form-no-767>
- BioGlow. (2023). GLOWING ALGAE (250ML). Obtenido de BioGlow: <https://bioglow.eu/shop/en/bioluminescent-algae/13-glow-in-the-dark-algae-250ml.html>
- Blasco Espinosa, P. Á. (2016). Apuntes de ILUMINACIÓN. Universitat Politècnica de València.
- Britop Lighting. (2023). JUTE GLASS. Obtenido de Britop Lighting: <https://www.britoplighting.pl/en/catalogue/products/jute-glass-779119174-1>

- Burrow. (2023). Oval Table Lamp. Obtenido de Burrow: <https://burrow.com/lighting/tala-oval-table-lamp?sku=ALRLT-TL-CUR-TAL-OVL-TLWH>
- Calvillo Cortés, A. B. (2010). "Luz y Emociones: Estudio sobre La Influencia de la Iluminación Urbana en las Emociones; tomando como base el Diseño Emocional. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Caminos, J. A. (2011). CRITERIOS DE DISEÑO EN ILUMINACIÓN Y COLOR. Santa Fe: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
- Castilla Cabanes, N. (2015). Iluminación Artificial en los Espacios Docentes. Universitat Politècnica de València.
- Castro Guaman, M., & Posligua Murillo, N. (2015). Diseño de Iluminación con Luminarias Tipo LED basado en el concepto de eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- CEU. (2023). Miguel Mójica y Waterlight: el Diseño que lleva luz donde no la hay, de forma sostenible. Obtenido de CEU: <https://medios.uchceu.es/actualidad-ceu/miguel-mojica-y-waterlight-el-diseno-que-lleva-luz-donde-no-la-hay-de-forma-sostenible/https://medios.uchceu.es/actualidad-ceu/miguel-mojica-y-waterlight-el-diseno-que-lleva-luz-donde-no-la-hay-de-forma-sostenible/>
- Collectiviste. (2023). Callisto Gold Table Lamp Duo. Obtenido de Collectiviste: <https://collectiviste.com/products/callisto-gold-table-lamp-duo>
- Connor, S. (3 de julio de 2016). How research into glowing fungi could lead to trees lighting our streets. Obtenido de The Guardian: <https://www.theguardian.com/science/2016/jul/03/fungi-glow-dark-luminescent-mushrooms-conservation-environment-bioscience>
- Construcía. (abril de 2020). ¿Qué es el diseño biofílico? Obtenido de Construcía: <https://www.construcia.com/noticias/disenobiofilico/>
- Contardi. (2023). BEAM. Obtenido de Contardi: <https://contardi-italia.it/prodotto/beam-ta/>
- Devlin, K. (2021). The surprising world of mushrooms. Obtenido de BBC Earth: <https://www.bbcearth.com/news/the-surprising-world-of-mushrooms>
- Díaz Sierra, R., Enríquez de Salamanca, Á., Martín Aranda, R. M., & Monreal Bueno, J. I. (2020). La Contaminación Lumínica. Efectos, Retos y Soluciones. Obtenido de Vida científica: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:revista100cias-2015-numero8ne-5110/Contaminacion_luminica.pdf
- Einstein, A. (2005). Quantum Algebra and Symmetry, Second Edition. 574.
- Einstein, A. (diciembre de 2016). La Física. Aventura del Pensamiento. Greenbooks editore.
- El Maestro de la Iluminación. (2023). Bamboo Lámpara Colgante S Black - Forestier. Obtenido de El Maestro de la Iluminación: https://www.elmaestrodelaIluminacion.es/bamboo-lampara-colgante-s-black-forestier.aspx?gclid=CjwKCAjwwb6lBhBJEiwAbuVUSH_gj4znQrNf41WqUOCc_5JP7BdROfgSk7MTMc7mo4DZ_0DP5TGI8RoCT1IQAvD_BwE

- Ellen Macarthur Foundation. (2015). El diagrama de la mariposa: visualizando la economía circular. Obtenido de Ellen Macarthur Foundation: <https://ellenmacarthurfoundation.org/es/el-diagrama-de-la-mariposa>
- Espinoza Cateriano, E. E. (2022). EL RECORRIDO EN ESPACIOS DE BAJA INTENSIDAD LUMÍNICA. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Espinoza Moncayo, R., & Cabrera Guamán, S. (2019). Diseño Biofílico Incorporado en el Espacio interior. Cuenca-Ecuador: Universidad del Azuay.
- Frank, T. (2009). Living Light on the Deep-sea Floor. Harbor Branch Oceanographic Institution/ Florida Atlantic University.
- García Gil, M. (2023). Contaminación Lumínica. (E. L. Arnedo, Entrevistador)
- García Gil, M., San Martín Páramo, R., Solano Lamphar, H., & Francia Payàs, P. (2012). Contaminación Lumínica. Una visión desde el foco contaminante: el alumbrado artificial. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Glowee. (2023). Glowpolis. Obtenido de Glowee: <https://www.glowee.com/glowpolis>
- Gobierno de España. (2022). La Energía en España 2019. Madrid: MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO.
- Gobo. (2023). Lampara Mesa Elenita. Obtenido de Gobo: <https://goboshop.es/shop/lampara-sobremesa-elenita>
- Gómez Gil, C. (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. Obtenido de Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global: https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/revista_papeles/140/ODS-revision-critica-C.Gomez.pdf
- Grant, K., Goldizen, F. C., Sly, P. D., Brune, M.-N., Neira, M., & Van den Berg, M. (2013). Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. Obtenido de The Lancet Global Health: [https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(13\)70101-3/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(13)70101-3/fulltext)
- Haddock, S., Moline, M., & Case, J. (2009). Bioluminescence in the Sea. The Annual Review of Marine Science.
- Henry, P. (2022). Circular Economy package - what's in it? Obtenido de European Commission: https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/seminar/1%20DG%20ENV_Circular%20Economy%20package.pdf
- Hernández Chávez, M., Fabila Bustos, D., & Cruz Ramírez, A. (2021). Propuesta experimental, quimioluminiscencia y rapidez de reacción. Boletín de la Sociedad Química de México, 28-31.
- Hernández-Maldonado, M., & Farrés, A. (2021). Efecto de microplásticos en las microalgas. BioTecnología.
- Honey & Ivy. (2023). Abby Bowl Table Lamp. Obtenido de Honey & Ivy: <https://www.>

honeyandivy.com/products/abby-bowl-table-lamp-1

Honey & Ivy. (2023). Sofie Table Lamp. Obtenido de Honey & Ivy: <https://www.honeyandivy.com/products/new-edit-copy-of-sofie-table-lamp>

Iberdrola. (2023). What are the consequences of the overexploitation of natural resources? Obtenido de Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/sustainability/overexploitation-of-natural-resources>

Juan Salmerón, E. (2022). La luz azul: peligros y beneficios. El farmacéutico.

Kalsbeek, A., Mero, M., Roenneberg, T., & Foster, R. G. (2012). The Neurobiology of Circadian Timing. Amsterdam: El Sevier.

Karatsoreos, I. N. (abril de 2012). Effects of Circadian Disruption on Mental and Physical Health. Obtenido de Curr Neurol Neurosci Rep: <https://doi.org/10.1007/s11910-012-0252-0>

Kartell. (2023). TEA. Obtenido de Kartell: <https://www.kartell.com/es/es/ktcs/shop/product/tea/kar09005bi>

KickStarter. (2014). Dino Pet. Obtenido de KickStarter: <https://www.kickstarter.com/projects/yonder/dino-pet-a-living-bioluminescent-night-light-pet>

Lago, A. S. (2015). Aplicaciones del LED en Diseño de Iluminación. Marcombo.

Lanna Passa. (2023). DOME SHAPED HANDWOVEN BAMBOO PENDANT LAMPSHADE. Obtenido de Lanna Passa: <https://lannapassa.com/product/dome-shaped-handwoven-bamboo-pendant-lampshade-plug-in-swag/>

Lee, J. W. (2008). Bioluminescence: the First 3000 Years (Review). Athens: University of Georgia.

Li, J., Zeng, X., Mengjun, C., Ogunseitan, O. A., & Stevels, A. (2015). "Control-Alt-Delete": Rebooting Solutions for the E-Waste Problem. Obtenido de Environmental Science & Technology: https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.5b00449?casa_token=Im-eBddwiYAAAAA%3A9tcqKE5GyinOw0yOwaG3I3Jip2BzFAqFXnGKX1pUu7_5wVJsRdqScf_zcbx5Tt2henBc-fnDRWOxrps

Lindsey, R., & Scott, M. (13 de junio de 2010). What are Phytoplankton? Obtenido de Earth Observatory: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Phytoplankton#:~:text=Phytoplankton%20growth%20depends%20on%20the,levels%20depending%20on%20the%20species.>

Lombardo, T. (11 de octubre de 2015). Bioluminescent Lamp: Oddity, Novelty, Engineering Challenge. Obtenido de Project Board: <https://www.engineering.com/story/bioluminescent-lamp-oddity-novelty-engineering-challenge>

Lumens. (2023). Scraplights Hive Pendant. Obtenido de Lumens: https://www.lumens.com/scraplights-hive-pendant-by-graypants-GRPP267634.html?cgid=8935&dwvar_GRPP267634_AttrValue1=Natural&dwvar_GRPP267634_AttrValue2=Small#start=0&sz=24&tileIndex=13

LZF Lamps. (2023). Eris SUsension. Obtenido de LZF Lamps: <https://lzf-lamps.com/products/>

eris-suspension

- Martín, A., Serrano, S., Santos, A., Marquina, D., & Vázquez, C. (2010). Bioluminiscencia bacteriana. Madrid: Reduca.
- Martínez, E. (2019). Definiciones y conceptos básicos de iluminación. Obtenido de Unidades de Apoyo para el Aprendizaje. CUAED/Facultad de Arquitectura-UNAM: http://132.248.48.64/repositorio/moodle/pluginfile.php/1670/mod_resource/content/3/contenido/index.html
- Martínez-Nicolás, A., Ortiz-Tudela, E., Rol, M. d., & Madrid, J. A. (2013). Influencia de la exposición de la luz sobre el sistema circadiano. Universidad de Murcia.
- Melo, J. L. (2010). Ergonomía Aplicada a las Herramientas. Buenos Aires: CPL ediciones.
- Meseguer Lloret, S. (2004). MÉTODOS QUIMIOLUMINISCENTES EN QUÍMICA ANALÍTICA . Obtenido de UNIVERSITAT DE VALENCIA : <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/14943/meseguer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). ¿Qué son los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)? Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/aparatos-electr/electricos-y-electronicos-que-son-sus-residuos.html>
- Modo Barcelona. (2023). MET Stand Alone & Wall Lamp. Obtenido de Modo Barcelona: <https://www.modobarcelona.com/products/met-stand-alone-wall-lamp-grey>
- Mójica, M. (2023). Waterlight. Obtenido de Miguel Mójica Design: <https://www.miguelmojicadesign.com/t22355qc8dqkksd0bnuutaqpww5>
- Montejo Santa Inés, C. (2021). Bioluminiscencia: la iluminación del mañana. Universidad de Valladolid.
- Muñoz Gabarda, M. P. (2019). DISEÑO Y PROMOCIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCTOS. Valencia: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.
- Negro, J. J. (2016). Mejor en el lado oscuro: efectos de la contaminación lumínica sobre la biodiversidad y la salud humana. *Chronica naturae*.
- Nicolás Uriel, R. (2012). Desechos Electrónicos. Universidad Nacional de La Plata.
- Nightway. (2022). Catálogo de Productos.
- Nightway. (2023). Nightway. Obtenido de Nightway: <http://night-way.com/es/>
- NIGMS . (2022). Circadian Rhythms. Obtenido de NIH. National Institute of Health of USA. : <https://www.nigms.nih.gov/education/fact-sheets/Pages/circadian-rhythms.aspx>
- Nkuku. (2023). Damini Recycled Glass Table Lamp. Obtenido de Nkuku: <https://www.nkuku>.

com/products/damini-recycled-glass-table-lamp-dl07

Novo Crespo, S., & Pastor Pérez, I. (2015). LA CONTAMINACION LUMINICA: UNA TRAMPA PARA LAS AVES. Obtenido de Minerva Repositorio Institucional Da USC: chrome-extehttps://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/14988/Novo%20Crespo_Pastor%20Perez%202015%20Contaminacion%20luminica%20en%20aves.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Nowodvorski Lighting. (2023). Table lamp NUAGE S. Obtenido de Nowodvorski Lighting: <https://www.nowodvorski.com/en/offer/table-lamp-nuage-s-7021,9519>

Nyoka. (2023). Biolure. Obtenido de Nyoka: <https://www.lightbynyoka.com/biolure>

Ole Lighting. (2023). POLARIS - SOBREMESA. Obtenido de Ole Lighting: <https://www.ole-lighting.com/polaris-sobremesa-41-cm-e27>

ONU. (2022). Una población en crecimiento. Obtenido de ONU: <https://www.un.org/es/global-issues/population>

Oxford Languages. (2023). Oxfor Languages.

Parlamento Europeo. (2020). Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en la UE: datos y cifras (infografía). Obtenido de Parlamento Europeo: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20201208STO93325/residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos-en-la-ue-datos-y-cifras>

Parlamento Europeo. (2023). Economía circular: definición, importancia y beneficios. Obtenido de Parlamento Europeo: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>

Ramon Puyols, C. J. (2016). La Iluminación Artificial del Espacio Interior. Parámetros para un Diseño Emocional. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Real Academia Española. (s.f.). Definición de luz. Recuperado el 22 de febrero de 2022, de REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/luz>

Rivera Hernández, J. S. (2016). Momento Di Luce. Bogotá: Universidad de Los Andes.

Rivera Morla, A. J. (2017). La reproducción instantánea de la luz natural mediante tecnologías. Evaluación y posibilidades . Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya .

Roca, D. (2023). Quimioluminiscencia. (E. Lacunza Arnedo, Entrevistador)

Rodríguez Font, M. (2006). La contaminación lumínica. Fundación Democracia y Gobierno Local .

Rodriguez, F. (2023). Bioluminiscencia. (E. Lacunza Arnedo, Entrevistador)

Rueda Punina, V. J. (2022). La problemática ambiental de la contaminación lumínica: una revisión. Obtenido de Figempa: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_

arttext&pid=S2602-84842022000100111&lng=es&nrm=iso

- Rutqvist, J., Eckerle, K., Haglund, T., Buddemeier, P., Cui, M., Sharma, A., . . . Pettersson, C. (2014). Circular Advantage. Accenture.
- Saavedra, E., Rey-Martínez, F. J., & Luyo, J. (2016). Sistemas de Iluminación, situación actual y perspectivas. TECNIA.
- Sáenz Marta, C., & Nevárez Moorillón, G. (2010). LA BIOLUMINISCENCIA DE MICROORGANISMOS MARINOS Y SU POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila.
- San Martín Páramo, R., Solano Lamphar, H., & Francia Payàs, P. (2012). Contaminación lumínica. Una visión desde el foco contaminante: el alumbrado artificial. Barcelona: Iniciativa Digital Politècnica.
- SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA. (2023). Balance Energético de España. Obtenido de Gobierno de España: https://energia.gob.es/balances/Balances/balancedeenergeticoanual/Balance-Energetico-Espana-2021_v0.pdf
- SOLLA VILANOVA, C. D. (2022). BIOLUMINISCENCIA EN DOS CEPAS DEL DINOFLAGELADO. Vigo: Facultade de Ciencias do Mar, Universidad de Vigo.
- Song, Q., & Li, J. (2015). A review on human health consequences of metals exposure to e-waste in China. Obtenido de Environmental Pollution: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749114004564?casa_
- Springer, Berlin, & Heidelberg. (2006). Light and Light Sources. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32685-4_1.
- Tamayo Arjona, M. (2019). Análisis de viabilidad técnico-económica del uso del sistema de iluminación LED respecto a iluminación tradicional y su implicación hacia diferentes áreas. València: Universitat Politècnica de València.
- Teikari, P. (2007). LIGHT POLLUTION. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Torres Quiroz, H., Monroy Prieto, N., & Abril Velandia, D. (2018). Dispositivo De iluminación Natural A Partir De La Refracción. Bogotá: Universidad la Gran Colombia.
- UE. (8 de mayo de 2023). Mercado CE. Obtenido de Unión Europea: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_es.htm
- United Nations Environment Programme. (24 de enero de 2019). UN report: Time to seize opportunity, tackle challenge of e-waste. Obtenido de United Nations Environment Programme: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/un-report-time-seize-opportunity-tackle-challenge-e-waste>
- United States Environmental Protection Agency. (2022). Learn about Energy and its Impact on the Environment. Obtenido de United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/energy/learn-about-energy-and-its-impact-environment>

- Universidad Cardenal Herrera. (9 de septiembre de 2021). Miguel Mójica y Waterlight: el Diseño que lleva luz donde no la hay, de forma sostenible. Obtenido de Actualidad CEU: <https://medios.uchceu.es/actualidad-ceu/miguel-mojica-y-waterlight-el-diseno-que-lleva-luz-donde-no-la-hay-de-forma-sostenible/>
- Van Dogen, T. (2014). Ambio. Obtenido de Teresa Van Dogen: <https://www.teresavandongen.com/Ambio>
- Van Dongen, T. (2014). Ambio. Obtenido de Teresa Van Dongen: <https://www.teresavandongen.com/Ambio>
- Vásquez Teneda, F., Vásquez Barba, D., & Urresty Noguera, Y. (2022). Characterization of Power Quality in incandescent and fluorescent and LED bulbs. *Revista Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas*.
- Vidal, L. (25 de noviembre de 2015). Consejos para atraer luciérnagas a tu jardín. Obtenido de BioGuía: <https://www.bioguia.com/notas/consejos-para-atraer-luciernagas-a-tu-jardin>
- Wastberg. (2023). w163 Lampyre. A phantomic silhouette of light. Obtenido de Wastberg: <https://www.wastberg.com/en/products/w163-lampyre/>
- Yeung, P. (11 de abril de 2022). The French town where the lighting is alive. Obtenido de BBC: <https://www.bbc.com/future/article/20220407-the-living-lights-that-could-reduce-energy-use>
- Zapata Giraldo, N. (s.f.). IMPACTO AMBIENTAL DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN. Obtenido de Empresas Públicas de Medellín: https://www.grupo-epm.com/site/Portals/1/biblioteca_epm_virtual/tesis/impacto_ambiental_de_los_sistemas_de_iluminacion_luminica.pdf
- Zhang, K., Schnoor, J. L., & Zeng, E. Y. (2012). E-Waste Recycling: Where Does It Go from Here? Obtenido de Environmental Science & Technology: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es303166s>
- Борисевич, А. И. (2019). El Fenómeno de la Luminiscencia. Obtenido de https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/31202/1/Borisevich_El_fen%C3%B3meno.pdf

VIII - ANEXOS

Anexo A - Entrevista Manuel García

Manuel García Gil. Doctor en Ingeniería de Proyectos por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC 2015) y profesor asociado en el Departamento de Proyectos de Ingeniería y de la Construcción en la ETSEIB. Especialista en sistemas de iluminación pública y estudio de la contaminación lumínica. Responsable del Grupo de Estudios Luminotécnicos de la UPC.

- Entre otras cosas ¿Cuál crees que es el campo que más dañado se ve debido a la contaminación lumínica?

No sé si es el más importante porque depende de a quién le preguntes te dirá una cosa. A mi parecer el que se ve más distinta, es la visión astronómica. Es decir, la investigación o disfrute por particulares de la visión del cielo. Porque a poco que haya un poco de contaminación lumínica dificulta mucho la visión de las estrellas. Yo creo que es donde más fuerte incide.

- ¿Qué métodos sueles utilizar para que el impacto de la contaminación lumínica se minimice?

Hay entre 3 posibles acciones a realizar.

- Minimizar el flujo indeseado. La primera es que el diseño de los dispositivos, y aquí entra mucho el diseño de luminarias, tiene que permitir que el flujo lumínico vaya al lugar donde está destinado a iluminar. Esto de forma muy habitual suele ir en sentido descendente de forma que, por una parte, el flujo luminoso hacia lo superior sea prácticamente nulo y, por otra parte, que no vaya a lugares que, aunque vaya hacia abajo estén creando posibles molestias como puede ser hacia una vivienda o algo similar.

- Minimizar las radiaciones que son más nocivas. Estas suelen ser las radiaciones de onda corta. Es decir, que están más cerca de lo que nosotros percibimos, como el azul. Normalmente se suele poner el umbral de unos 500 nm. Es decir, lo que esté por debajo de los 500 nm se dice que suele tener una repercusión más importante. Esto para el bienestar humano y para la visión del cielo es clave y no tiene ningún tipo de discusión. Eso sí, para los ecosistemas es mayoritario, pero no es absoluta esta verdad ya que cada ser vivo vemos de una forma diferente. Cada ser vivo tiene sistemas visuales que pueden ser drásticamente diferentes. Algunos pueden tener la sensibilidad de la visión en un campo o en otro. Es verdad que hay muchísimos, está en estudio, que lo tienen desplazado hacia el azul por lo que minimizando el azul también minimizaríamos su repercusión. Esto repito no es absoluto, hay algunos que lo tienen desplazado hacia el no azul y estos seguirían afectados.

- La tercera forma es evitar la sobre iluminación o la iluminación no necesaria. Por ejemplo, en toda zona urbana tiene que haber agua potable por si queremos beber agua, va a nuestra casa, a un hotel, etc. Esto es un servicio imprescindible para cualquier zona urbana. El iluminado público también es un servicio imprescindible ya que debe estar ahí para garantizar la seguridad y en España debe estar por ley. El agua potable sale únicamente cuando abrimos el grifo y, sin embargo, el luminario público está siempre encendido a un nivel o a otro, pero siempre encendido. Para minimizar la contaminación lumínica habría que ajustar el uso del alumbrado

público a la necesidad en cada momento. Es decir, en momentos de mucha intensidad y necesidad (cuando hubiese muchos coches o mucho movimiento) en esos momentos habría que poner un nivel relativamente alto de iluminación, pero sin pasarte. Pero cuando hay muy poca gente (en la madrugada o cuando no es una zona de ocio) el nivel debería ser mucho más bajo. Esta tercera propuesta iría de la mano de la gestión del tiempo.

- ¿Consideras que el ciclo biológico de las personas se altera significativamente por la contaminación lumínica o por el uso excesivo de iluminación?

Sí, pero por todo tipo de iluminación. Esto va desde la iluminación urbana hasta la iluminación que tenemos en casa, con las pantallas de visualización y creo que se altera. Ahora que tenemos el móvil, la tele, la Tablet, el ordenador... creo que verlo durante mucho tiempo de exposición y a altas horas de la noche repercute en los niveles de descanso por las noches sin duda.

- ¿Podrías comentarme a qué se debe exactamente esta repercusión en el ser humano?

Te lo puedo indicar solo a nivel superficial. El hecho de tener niveles de iluminación más elevados y con radiación que puede incidir en la variación de los ciclos circadianos puede influir directamente en el descanso. Esta variación depende de cuánto se expone el individuo, cuánto es el nivel de iluminación, cuánto dura la exposición y otros parámetros que son importantes como si ha tenido actividad física anterior o posterior o por la mañana, si ha habido una alimentación de una manera u otra... Es decir, hay muchos factores que también influyen no siendo exclusivamente la iluminación.

- Hoy en día, ¿cuál es el dato más impactante que has escuchado sobre la contaminación lumínica?

Hubo un artículo que ha salido hace poquito, que dice que la contaminación lumínica está creciendo de una forma mucho más rápida de lo esperada y que, en base a unos estudios que se han hecho de ciencia ciudadana desde hace 10 años, puede estar aumentando la contaminación lumínica del orden del 10% anual en muchos lugares. Esto es mucho más de lo que pensábamos anteriormente. Pensábamos que era del orden del 2%.

- ¿Sabes qué es la bioluminiscencia?

Muy superficialmente. La iluminación natural o artificial, según como lo queramos ver, de organismos vivos.

- La iluminación que quiero implementar yo con bioluminiscencia es organismos que emiten una luz azul. Aunque fuese de manera natural ¿seguiría influyendo a las personas del mismo modo?

Del mismo modo no porque seguramente el espectro de radiación o el tipo de energía que emite es diferente que el que emite el LED por tanto nos influirá de diferente forma. Si nos afecta más o menos depende también de los factores que te he dicho antes de la exposición (tanto en nivel como duración), y otros factores de cuándo se está utilizando esta iluminación. De todas maneras, si haces una luminaria con bioluminiscencia, aunque sea con un importante espectro azul eso se puede utilizar igual que actualmente se están utilizando otras fuentes ricas en azul por ejemplo en oficinas. Otra posibilidad que hay para poder utilizarlas y sacarle beneficio y uso es la utilización de elementos que utilicen esa radiación y transformar parte de esa radiación para conseguir que se pase a unos tonos más hacia el naranja o rojizos. Por ejemplo, el LED de origen es azul y con la utilización de fósforos se pasa a que sea más cálido o incluso se puede anular absolutamente el azul y que sea un espectro completamente anaranjado. Por lo tanto, ¿nos afectaría? Por la noche sí, pero se podría ajustar en cada

momento por lo que te he mencionado. Para momentos de trabajo luces más frías y a la hora de dormir más cálidas.

- En caso de que quisiese hacerla como lámpara de noche, ¿estaría afectando negativamente al individuo?

Seguramente tendrías que ponerle un filtro. Si es azul afectaría más que si es cálida. Si es más o menos dependería del nivel lumínico y del espectro. Hay unas formas para calcularlo a través de unos algoritmos que se han desarrollado en el Centro de Investigación de Iluminación DRC. ¿La luz que proporciona tu sistema es una luz que permite niveles de iluminación para leer?

Si los niveles de iluminación son de flujo lumínico reducido (pueden ser inferiores a 200 lúmenes) y están dando luz indirecta (no se ve directamente la emisión de luz, sino que emiten luz para emitirla por la habitación) eso se puede considerar como aceptable. Una vez la luz permite visualizar objetos con una cierta definición que por ejemplo pueda permitir leer esto puede tener una afectación importante ya que es como si estuvieses con el móvil.

- ¿Crees que la bioluminiscencia tiene potencial para ser una buena alternativa a la luz artificial?

En un futuro lejano sí. En un futuro a corto plazo no. El problema que le veo a la bioluminiscencia actualmente es que esté en desarrollo. Esto hace que tanto el nivel lumínico (la cantidad de lúmenes que hay) como las estabilizaciones del nivel lumínico es un hándicap actualmente. Pero con todo ha sido así. Los LEDs al principio eran un pequeño puntito de luz que estaban en los dispositivos electrónicos de color rojo o color amarillo, no había nada más y prácticamente no se veía. Eso era hace 40 o 50 años entonces todo se puede desarrollar mucho. Es posible que en un futuro si la bioluminiscencia se implante no se trabaje ni con la bacteria en sí, sino que se trabajará con el elemento que crea la bioluminiscencia en la bacteria para poder crear una mayor concentración de luz. No vivos ya, pero de origen biológico.

- ¿Consideras que la luz LED es uno de los factores que producen la contaminación lumínica en gran escala?

Como toda tecnología, dependiendo de cómo se use. Es decir, el LED es una herramienta para hacer cosas, en este caso iluminar. Lo puedes utilizar para el bien o para el mal. Lo que le pasa al LED es que es un sistema que ha conseguido sacar mucho flujo lumínico con muy poco vatio y de forma muy económica. Es decir, mucho más fácil energéticamente y económicamente, además de gastar mucha menos energía. Esto es un punto muy positivo sin duda. Encima deconstruido tiene mucha más duración que las lámparas tradicionales con lo cual se disminuye el mantenimiento y parece ser (todavía no está estudiado del todo) que la generación de residuos. Sigue emitiendo, pero parece ser que son menos. Pero hay un problema, el LED que se utiliza ahora viene del azul. Tiene un pico en el azul y luego tiene una especie de montículo a su derecha espectral del verde al rojizo. La mezcla de todo esto (el pico y el montículo) lo vemos como blanco, pero realmente hay un tipo azul.

Provenimos de las lámparas tradicionales de sodio (esas lámparas naranjas). Estas lámparas vienen de tener muy poco espectro azul y mucho del verde rojizo, que mezclado lo veíamos naranja. Si en vez de poner estas lámparas tradicionales que vemos como naranjas y ponemos las blancas que tienen un tipo azul, estamos metiendo muchas veces más luz pero, además, con mucho más azul. Esto contamina más contaminación lumínica. Como te he comentado, la luz se puede redirigir bien donde se tenga que iluminar. La luz se puede regular bien. Y eso el LED lo hace muy bien. Tanto una cosa como la otra, tanto redirigir la luz como regularla. Y además el LED como hemos comentado antes, tiene la posibilidad de ponerle fósforos encima e ir ajustando lo de la luz para que sea más o menos importante.

Entonces una buena iluminación que ajuste bien la luz depende de la necesidad en cada momento y que ajuste el azul con un buen rendimiento energético frente al mínimo posible del azul, podría minimizar la contaminación lumínica. Hay que aplicarlo bien. Ponerle los fósforos prácticamente reduce casi al 0% la contaminación lumínica. Si que de esta forma pierdes rendimiento energético, pero minimiza la contaminación lumínica a un nivel prácticamente inexistente.

ANEXO B - Entrevista Francisco Rodríguez

Entrevista a Francisco Rodríguez Hernández. Investigador en el Instituto Español de Oceanografía y socio de Divulgación.

- ¿Cómo se produce realmente la bioluminiscencia?

La bioluminiscencia se produce por un cambio de pH. Es una agitación en la membrana celular que se trasmite al citoplasma y esto produce un cambio de acidez en él. Hay unos orgánulos en los que está la luciferina que con este cambio de pH se oxida. Esta oxidación libera el fotón: energía en forma de luz. Es una reacción puntual y se obtiene ese pulso de luz que suele ser azulado verdosa.

Esto tiene un ritmo que además está acoplado al reloj celular (el ritmo circadiano). El fitoplancton, por ejemplo, si es de día, aunque esté en oscuridad no va a producir bioluminiscencia. Se necesita que las bacterias estén en su fase nocturna. Las diferentes partes del metabolismo los hacen en diferentes momentos del día. La bioluminiscencia solo se activa cuando "sienten" que es de noche.

Cuando se apaga la luz a la noche en el laboratorio se puede observar cómo va aumentando la bioluminiscencia hasta un máximo y luego vuelve a decaer. Esto también depende del estado fisiológico de las bacterias. Se produce más luz cuando los cultivos están sometidos a más estrés, es decir, cuando ya no están tan activos o recién sembrados.

- ¿La bioluminiscencia ocurre durante el tiempo que los organismos estén en movimiento o únicamente en un corto plazo de tiempo después del movimiento?

En un corto plazo de tiempo. Tú puedes estar moviéndolo durante tiempo y se va a encender al principio, pero después vas a ver que lo estás moviendo y que baja la luz. De todas formas, esto es muy variable y depende del cultivo. En el laboratorio probando con distintas cepas y cultivos aun siendo de la misma especie, hay cultivos que iluminan un montón y otros que menos. Esto depende de la cantidad de luciferina que tenga y factores genéticos. Los que más brillan duran varios segundos y es espectacular.

- ¿Por qué en las playas parece que esto puede durar más tiempo?

Cuando hay una población enorme se agita parte de la población y es más fácil que ocurra esto. Además, en las playas lo que ves también son los destellos. (En las fotos de internet) no es algo que vayas a la playa y esté encendida, sino que llevan un largo tiempo de exposición por lo que vas acumulando luz y crea esa sensación de que esté completamente iluminado. En la realidad estos destellos suelen ser intermitentes y tiene que haber mucha población.

- Cuando la bioluminiscencia no ocurre hay ciertas veces que el agua se ve rojiza, ¿siempre es así?

No siempre es así. Ese color rojizo suele verse en las mareas rojas que las producen dinoflagelados, que son los que producen la bioluminiscencia. Sin embargo, no todos son bioluminiscentes. También puede haber bioluminiscencia sin que el agua se vea rojiza. Si las células producen mucha luz, aunque no haya tanta concentración como para que cambien el color del agua aun así puede producirse la bioluminiscencia.

- ¿Estas células suelen causar oler indeseables?

Sí es verdad que el fitoplancton tiene un olor a mar, pero no huele mal. Es el olor que tienen. Esto también depende del cultivo y de la concentración. No es destacable que huele mal. Es un aroma a mar.

- ¿De dónde podría conseguir yo cultivos para hacer un prototipo?

Hay algunas veces que se han vendido y otras veces que se han donado para depender del fin. Voy a hablarlo con microbiología y te comento.

- ¿Qué necesitan las bacterias para sobrevivir?

Un medio de cultivo con nutrientes y la población crecerá. Cuando agotan los nutrientes aguantan un tiempo con reservas internas y después empiezan a morir.

- ¿Qué nutrientes necesitarían para seguir viviendo?

Los requerimientos suelen ser diferentes dependiendo de la bacteria o fitoplancton. De todas formas, no lo cultivo por lo que no estoy seguro. Suelen necesitar minerales, vitaminas, fuentes de nitrógeno y fósforo.

ANEXO C - Entrevista Daniel Roca

Entrevista a Daniel Roca San Juan. Profesor del Departamento de Química de la Universitat de València y Responsable de Bio- y Quimioluminiscencia computacional y teórica.

- ¿Cómo se produce la quimioluminiscencia?

Para producir quimioluminiscencia se necesita una sustancia química que al oxidarse se forma un enlace peróxido (ese suele ser el más común). Se forma una especie con ese enlace peróxido, oxígeno-oxígeno. Esa especie es bastante inestable y tiene un montón de contenido energético. Entonces, con un pelín de temperatura o un poco de perturbación ese enlace se rompe y libera toda esa energía emitiendo luz. Desde mi experiencia en simulaciones de procesos químicos, técnicamente lo que ocurre es que produce un estado electrónico excitado al romperse la molécula y ese estado electrónico excitado que tiene un montón de energía la única forma de caer o de desactivarse es emitiendo luz. Eso es un poco la quimioluminiscencia. En caso de la bioluminiscencia lo que tienes es que ocurre en una encima y la reacción ocurre

en el centro activo de la misma. Allí tienes el sustrato que también se oxida de alguna manera con oxígeno del ambiente, superóxido o peróxido de hidrógeno. Ocurre la reacción se forma esa molécula con gran contenido de energía y se rompe el enlace oxígeno-oxígeno, se va también al estado excitado y decae emitiendo luz. La proteína lo que hace es ayudar a generar ese compuesto con gran contenido de energía. Combina los reactivos de forma más fácil y favorece el proceso. Esta es un poco la diferencia entre bioluminiscencia y quimioluminiscencia. La bioluminiscencia siempre ocurre en organismos vivos. Un ejemplo de la quimioluminiscencia es con la utilización del luminol.

- ¿Cuánto podría durar más o menos este fenómeno?

En la reacción si tú sigues inyectando reactivos y de alguna manera controlas un flujo pequeño de entrada de los reactivos en algún sitio podrías hacer que perdurara durante bastante tiempo.

Pero la reacción de quimioluminiscencia es un proceso irreversible. Es decir, tú tienes unos reactivos que se encuentran, reaccionan, forman la luz, y luego quedan unos productos, el remanente. Estos productos de remanente ya no tienen poder quimioluminiscente, son desechos ya. Entonces para volver a generar otra vez la luz necesitas más inyección de los reactivos.

Hay algunas reacciones o algunos procesos que se pueden reciclar. Si tú haces el proceso, una parte te interesa, se generan los productos y esos productos se pueden reconvertir en reactivos y volver, teniendo una tabla cíclica repetitiva. En este caso no, la quimioluminiscencia y la bioluminiscencia son irreversibles. ¿Cómo lo mantienen los animales? Añadiendo más sustratos. Con más sustratos a través de la alimentación y todo, mantienen esa reacción de bioluminiscencia cuando quieren.

Pero para el diseño de una lámpara que perdurara, me viene a la mente como unos inyectores, algunos tubitos que inyecten las mezclas, los reactivos, que se encuentren en algún sitio. Ahí formarían la luz, y luego los desechos tienes que sacarlos por otra parte. Pero eso tienes que mantenerlo activo. Al final es como una batería. Una batería se agota. Tú al principio las tienes cargadas (tienes todos los reactivos preparados), la usas para generar electricidad en una lámpara de batería, y llega un momento que tienes que cambiarla (se ha agotado todo el reactivo). De alguna manera tienes que empezar con un volumen considerable de los reactivos, e inyectarlos poco a poco. Duraría un tiempo y ya está. No sabría decirte exacto cuánto tiempo y qué cantidad necesitas, nunca lo había tenido que pensar.

- ¿El material que se desecha tiene algún tipo de inconveniente a la hora de ser sostenible?

En el caso del luminol me preguntaste también sobre la toxicidad, es lo que el dimetilsulfóxido, eso lo puedes buscar tú también. El nivel del sulfóxido no es tóxico, pero hay que tener cuidado. El dimetilsulfóxido es un reactivo que no es tóxico, pero puede disolverte algún compuesto, y si te lo pones en la piel podría ayudar a penetrar en la piel algún compuesto, pero no es nada grave.

- ¿Y si por ejemplo lo tirases por el váter?

Todo tiene que tener un protocolo de eliminación de residuos. El producto que genera el caso del luminol es 3 aminoftalato. Es un compuesto orgánico no muy grande y no muy tóxico, pero sería en disolución supongo de dimetilsulfóxido, y el protocolo de eliminación de residuos iría en la línea de los residuos orgánicos, de los líquidos orgánicos. Bueno no es orgánico, pero de los disolventes no sé similares a los orgánicos. Eso la verdad que no lo sé. Habría que buscar en esa línea protocolo de eliminación de residuos dimetilsulfóxido, y seguro que hay

un protocolo establecido.

- ¿Y por ejemplo con los dinoflagelados, con ellos no habrá problemas de tirarlos al váter, o sí?

Son bacterias, pero la verdad que no lo sé. Nosotros por ejemplo tenemos, en los laboratorios de química; siempre lo que hemos hecho para compuestos orgánicos, disolventes, que usamos un montón. Pues lo ponemos en un recipiente de desechos, y una empresa se encarga un poco de separar cada cosa donde va. No creo que sean ningún problema, pero habría que considerarlo, y no sé qué tratamiento habría que hacer.

- ¿En qué condiciones debe estar la reacción de quimioluminiscencia para que se ilumine?

En el caso del luminol puedes realizar experimentos en temperatura ambiente. Normal porque en el momento que tu pongas en contacto los reactivos, pues ahí ocurrirá la reacción que es bastante rápida, a temperatura ambiente es bastante rápida. Quizás lo que más cueste es disolver el luminol que le cuesta a lo mejor un poquito. Los polvos solidos les cuesta un poco más, tienes que agitarlo para que se mezclen bien los reactivos y entonces ocurra más eficientemente la reacción. Pero no tienes que calentar no. La reacción del luminol con dimetilsulfóxido es muy simple, y ocurre a temperatura ambiente.

- Y, por ejemplo, ¿tiene que haber oxígeno?

En este caso sí, en el caso del luminol sí. Necesitas luminol (que es un compuesto así blanco, un polvo), dimetilsulfóxido (un disolvente casi transparente) y luego necesitas hidróxido de sodio, pero muy poco (quizá disuelto en un pelín de agua a lo mejor). Cuando las mezclas y agitas un poco, y ya estaría, aunque se puede hacer de distintas formas.

A veces también añaden otra sustancia que se llama la fluoresceína. Entonces como el luminol parte de la luz que emite está en el ultravioleta, no lo vemos tanto. Lo que hace la fluoresceína es coger la energía de esa sustancia, y emite ella ya que emite más en la zona del visible, haciendo que veamos más intensidad de luz.

- ¿Esto puede producir olores indeseables?

No, porque son inoloros. Yo la he hecho muchas veces en el laboratorio, y no he notado ningún olor.

- ¿Crees que es factible hacer una lámpara con quimioluminiscencia?

Sí. Luz quimioluminiscente con luminol es muy fácil de generar. O sea, tu vienes aquí, tenemos los componentes, mezclamos en un vaso, lo removemos, y ahí generamos luz durante unos segundos (o a lo mejor un minuto o algo así). Lo más complicado es el diseño que hay que hacer para que dure esa lámpara una o dos horas. Habría que hacer un diseño más elaborado de algún instrumento con tubos de plástico que cojan la disolución de dos recipientes en los que estén ahí los componentes y que los cojan poco a poco, de forma que no se gasten enseguida. Entonces es inyección por los tubos de plástico y en algún sitio que se mezcle con un poco de energía mecánica. Ahí se generaría un poco la chispa de luz.

Sección 1 de 6

Diseño de Luminaria mediante Bioluminiscencia



Esta es una encuesta con el fin de sacar información para el Trabajo de Fin de Grado. Para ello se harán ciertas preguntas de comportamiento, de opinión y de conocimiento.

1. ¿Cuántos años tienes? *

- Menor de 18
- 18-24
- 25-34
- 35-44
- 45-54
- Más de 54

2. ¿Con qué sexo te sientes más identificado? *

- Masculino
- Femenino
- Otro

3. ¿Estás contento con el método tradicional de iluminación? *

- | | | | | | | |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| No | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Sí |

4. ¿Estarías abierto a probar nuevos sistemas de iluminación más sostenibles? *

- Sí
- No

⋮

5. Si para encender el dispositivo tuvieses que realizar un pequeño esfuerzo (Ej.: * moverlo, agitarlo, girarlo, etc), ¿Seguirías estando dispuesto a comprarlo?

- Sí
- No
- Solamente si el esfuerzo es mínimo

6. En caso de que este sistema fuese más caro, ¿estarías dispuesto a comprarlo? *

- Sí
- No
- Depende del precio

Después de la sección 1 Ir a la siguiente sección ▼

Sección 2 de 6

Contaminación Lumínica



La contaminación lumínica, es la **contaminación que generan las emisiones de luz que vienen de fuentes artificiales con altas intensidades**. Esto produce que a las noches haya brillo en el cielo y puede causar diversas problemáticas.

⋮

7. Antes de la encuesta, ¿sabías qué es la contaminación lumínica? *

- Sí
- No

8. ¿A qué crees que afecta la contaminación lumínica? *

- Reloj Biológico de las Personas
- Flora y Fauna
- Salud de las personas (estado de ánimo, depresión, insomnio, cáncer, etc.)
- Pérdida Energética
- Generación de mayores cantidades de residuos
- Economía
- Nada

9. Indica cuáles de estos problemas consideras que experimentas habitualmente. *

- Transtornos del Sueño (Insomnio, Apnea del sueño, etc.)
- Ansiedad
- Nerviosismo
- Agotamiento físico

...

10. En caso de que lo sufras, ¿crees que el uso masivo de luz artificial puede tener algo que ver?

- Sí
- No
- Tal vez

11. ¿Consideras que la Contaminación Lumínica es un problema que se debiese solucionar? *

- Sí
- No
- Me es indiferente

Los Desechos Electrónicos



Descripción (opcional)

12. Si se rompe un aparato eléctrico en tu casa (Ej. Lámpara), ¿qué haces con él? *

- Reutilizarlo
- Arreglarlo
- Reciclarlo
- Llevarlo al vertedero
- Otros



13. En caso de que la opción sea llevarlo al vertedero, ¿a qué se debe?

- Es más fácil tirarlo y comprarme uno nuevo
- No sé cómo se recicla
- No sé cómo reutilizarlo
- No sé cómo arreglarlo
- Otros

14. En caso de que la opción sea reciclarlo, ¿suele ser incómodo de desmontar?

- Sí
- No

15. ¿Te parece que, en general, los productos con componentes electrónicos suelen ser difíciles de reciclar o de darle una segunda vida? *

- Sí
- No

16. ¿Sabías que en los residuos electrónicos hay materiales peligrosos que pueden causar daños en la salud y el medioambiente?

- Sí
- No

17. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, ¿estarías dispuesto a cambiar tus hábitos de compra a unos más sostenibles? *

1 2 3 4 5

No estoy dispuesto a cambiar mis hábitos de compra Estoy dispuesto a cambiar mis hábitos de compra

18. ¿Te comprometerías a utilizar otros métodos de fin de vida del producto? (Empezar a reutilizar los productos electrónicos, reciclarlos, etc.) *

1 2 3 4 5

No quiero cambiar el modo de fin de vida que le doy a mis productos Estoy dispuesto a cambiar el modo de fin de vida que le doy a mis productos

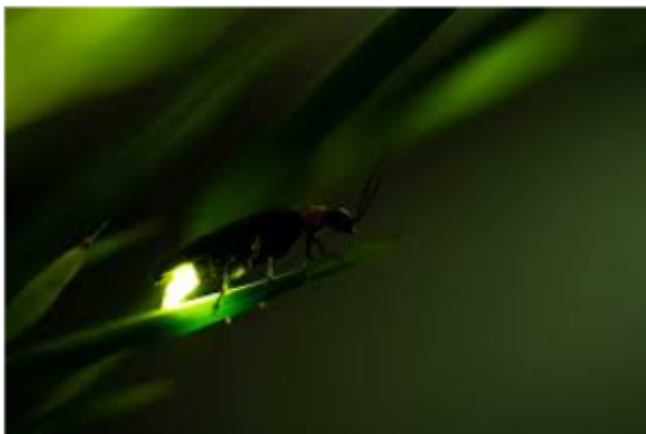
Sección 4 de 6

Bioluminiscencia



La bioluminiscencia es la capacidad que tienen algunos organismos vivos para producir luz. A continuación se muestran algunos ejemplos:

Las luciérnagas son los seres vivos con bioluminiscencia más conocidos.



Hay ciertas playas del mundo con algas capaces de producir luz como en esta imagen:



19. ¿Cuánta fiabilidad te daría una lámpara que funcione mediante bioluminiscencia? *

1 2 3 4 5

No me fiaría Me fiaría completamente

20. ¿Crees que la Bioluminiscencia podría llegar a ser la luz del futuro? *

- Sí
- No
- Tal vez

Sección 5 de 6

Datos de Interés



Antes de responder las preguntas finales, se van a puntualizar ciertos datos relacionados con las anteriores preguntas.

Problemáticas de la Contaminación Lumínica

1. **Salud.** La elevada exposición nocturna a fuentes luminosas genera cansancio, nerviosismo y puede ocasionar trastornos del estado de ánimo como depresión, al perturbar el ciclo luz-oscuridad. Además, hay estudios que muestran una asociación entre niveles elevados de exposición a luz azul durante la noche y un mayor riesgo de padecer cáncer de mama y de próstata.

2. **Biodiversidad.** La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza afirma que la contaminación lumínica afecta a dos tercios de las áreas clave de biodiversidad de la Tierra.

3. **Energía.** La contaminación lumínica supone una gran pérdida de eficiencia energética.

Problemática Desechos Electrónicos

Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), **el mundo generó 48,5 millones de toneladas de basura electrónica en 2018**. Este dato pone de manifiesto la creciente importancia del reciclaje, que también arroja cifras preocupantes: solo el 20% de estos residuos se recicla. De mantenerse estas tendencias, la ONU estima que podríamos alcanzar los 120 millones de toneladas de chatarra electrónica en 2050.

Bioluminiscencia

La utilización de bioluminiscencia como nuevo método de iluminación podría combatir contra las anteriores problemáticas mencionadas.

- No se necesitarían componentes electrónicos por lo que **no se generaría basura electrónica**.
- Podría ser clave en la **lucha contra la contaminación lumínica** evitando así poner en riesgo la biodiversidad y sin poner en riesgo tu propia salud.
- **No necesita energía** para poder encenderse por lo que se lograría un **ahorro en el consumo de energía** lo que, a su vez, sería ahorro económico de la factura de la luz.

Sección 6 de 6

Preguntas finales



Ahora bien, sabiendo las desventajas de la iluminación artificial y las ventajas de la bioluminiscencia vas a volver a responder otra vez a algunas preguntas del principio.

21. ¿Estás contento con el método tradicional de iluminación? *

	1	2	3	4	5	
No	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sí

22. ¿Estarías abierto a probar nuevos sistemas de iluminación más sostenibles? *

- Sí
- No

23. En caso de que para encender el dispositivo tuvieses que realizar un pequeño * esfuerzo (Ej.: moverlo, agitarlo, girarlo, etc), ¿Seguirías estando dispuesto a comprarlo por criterios sostenibles?

- Sí
- No
- Solamente si el esfuerzo es mínimo

24. En caso de que este sistema fuese más caro, ¿estarías dispuesto a comprarlo? *

- Sí
- No
- Depende de cuánto fuese el precio

25. ¿Dónde te gustaría tener una lámpara bioluminiscente? *

- Mesita de noche
- Mesa de trabajo
- Comedor
- Cocina
- Baño
- Salón
- Oficina

26. Siendo 1 la mínima puntuación y 5 la máxima, ¿cuánto valoras que una lámpara sea sostenible? *

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

⋮

27. Siendo 1 la mínima puntuación y 5 la máxima, ¿cuánto valoras que una lámpara sea atractiva? *

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

28. Siendo 1 la mínima puntuación y 5 la máxima, ¿cuánto valoras que una lámpara no afecte a tu salud? *

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29. Siendo 1 la mínima puntuación y 5 la máxima, ¿cuánto valoras que una lámpara sea fácil de reciclar o de darle un segundo uso? *

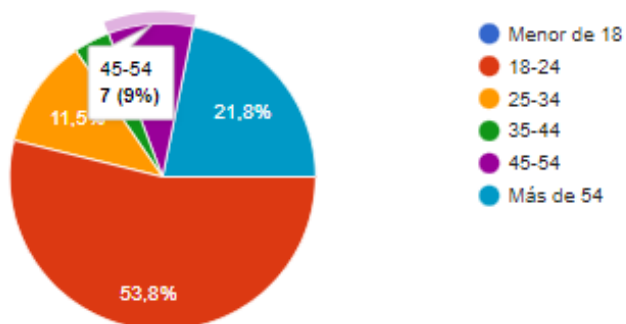
1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anexo E - Respuestas Encuesta

1. ¿Cuántos años tienes?

 Copiar

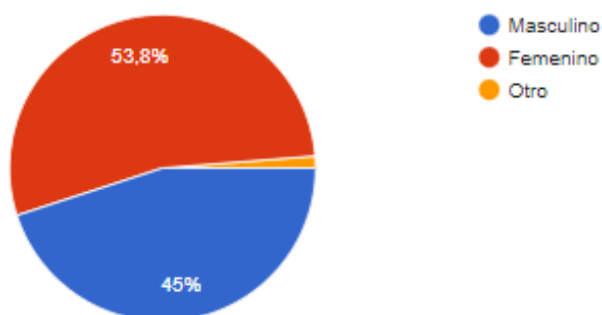
78 respuestas



2. ¿Con qué sexo te sientes más identificado?

 Copiar

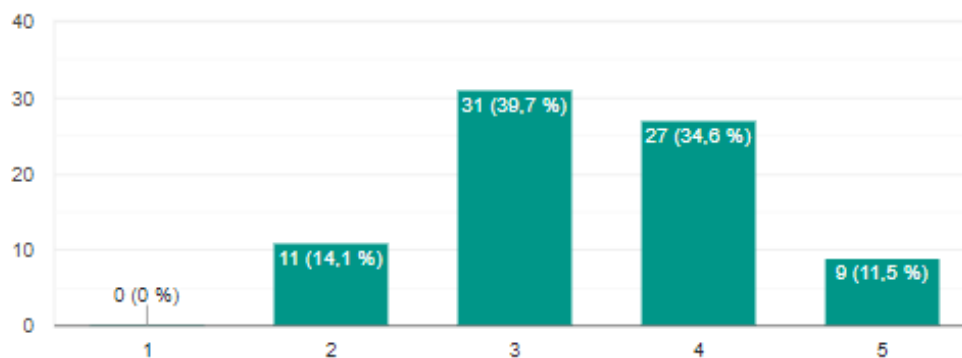
78 respuestas



3. ¿Estás contento con el método tradicional de iluminación?

 Copiar

78 respuestas



4. ¿Estarías abierto a probar nuevos sistemas de iluminación más sostenibles?

[Copiar](#)

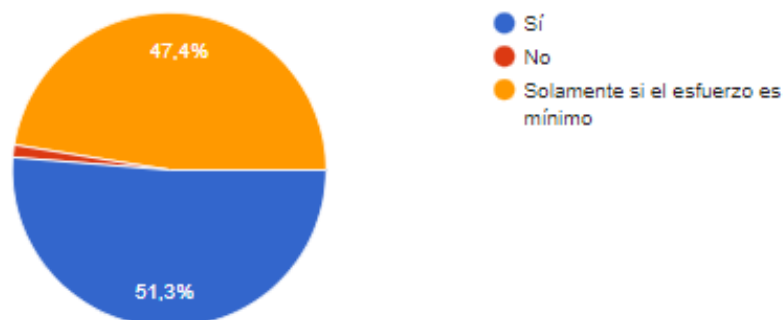
78 respuestas



5. Si para encender el dispositivo tuvieses que realizar un pequeño esfuerzo (Ej.: moverlo, agitarlo, girarlo, etc), ¿Seguirías estando dispuesto a comprarlo?

[Copiar](#)

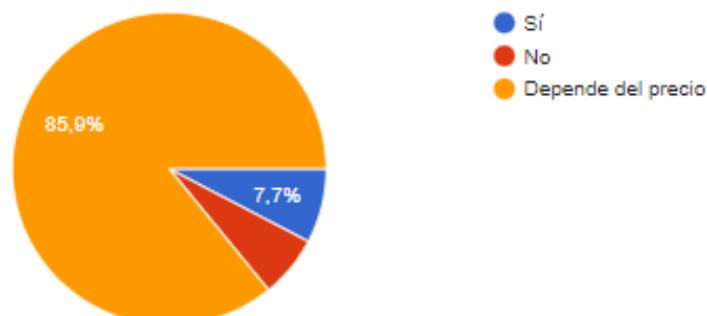
78 respuestas



6. En caso de que este sistema fuese más caro, ¿estarías dispuesto a comprarlo?

[Copiar](#)

78 respuestas

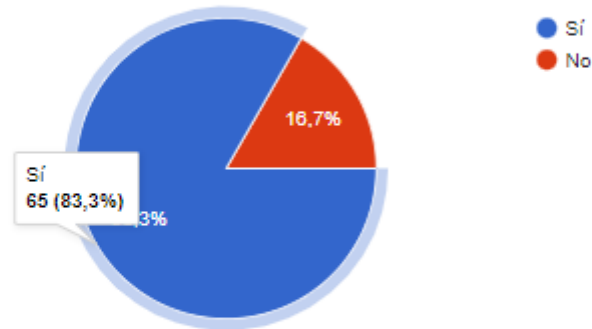


Contaminación Lumínica

7. Antes de la encuesta, ¿sabías qué es la contaminación lumínica?

[Copiar](#)

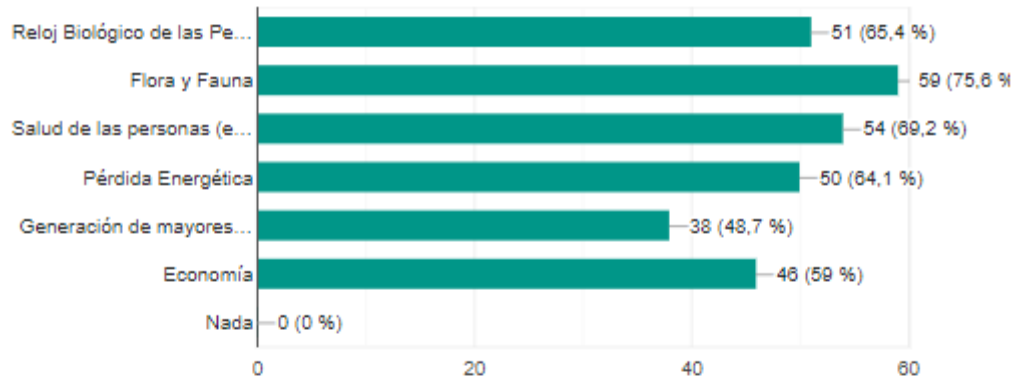
78 respuestas



8. ¿A qué crees que afecta la contaminación lumínica?

[Copiar](#)

78 respuestas



9. Indica cuáles de estos problemas consideras que experimentas habitualmente.

[Copiar](#)

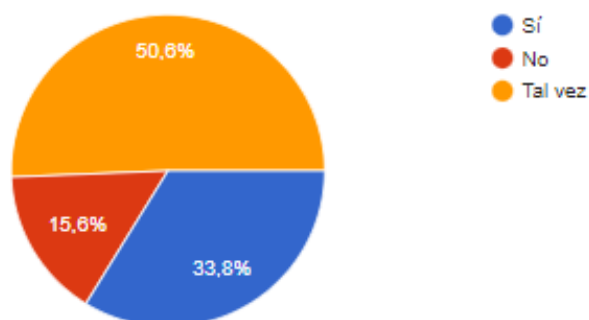
78 respuestas



10. En caso de que lo sufras, ¿crees que el uso masivo de luz artificial puede tener algo que ver?

[Copiar](#)

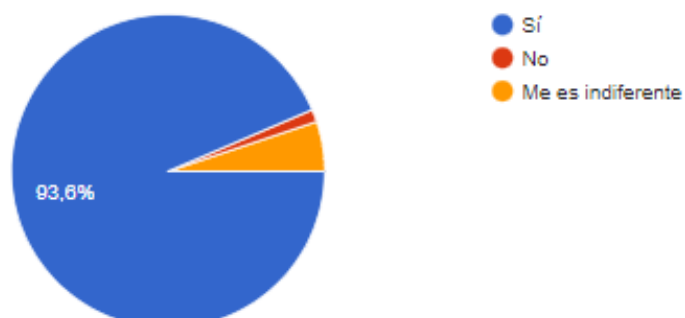
77 respuestas



11. ¿Consideras que la Contaminación Lumínica es un problema que se debiese solucionar?

[Copiar](#)

78 respuestas

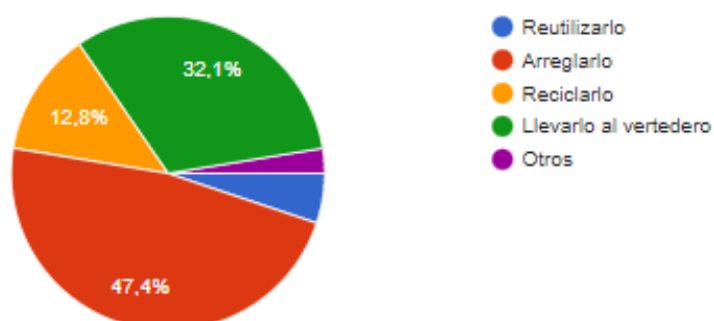


Los Desechos Electrónicos

12. Si se rompe un aparato eléctrico en tu casa (Ej. Lámpara), ¿qué haces con él?

[Copiar](#)

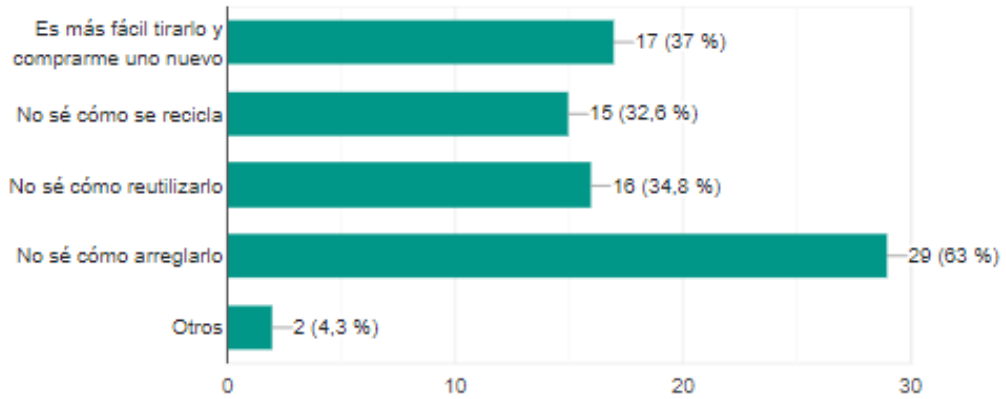
78 respuestas



13. En caso de que la opción sea llevarlo al vertedero, ¿a qué se debe?

 Copiar

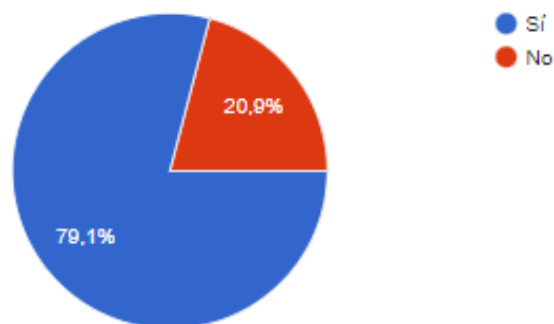
46 respuestas



14. En caso de que la opción sea reciclarlo, ¿suele ser incómodo de desmontar?

 Copiar

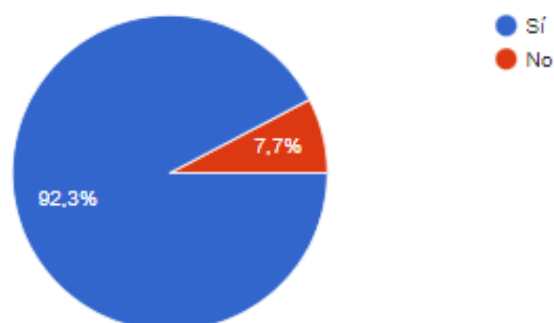
43 respuestas



15. ¿Te parece que, en general, los productos con componentes electrónicos suelen ser difíciles de reciclar o de darle una segunda vida?

 Copiar

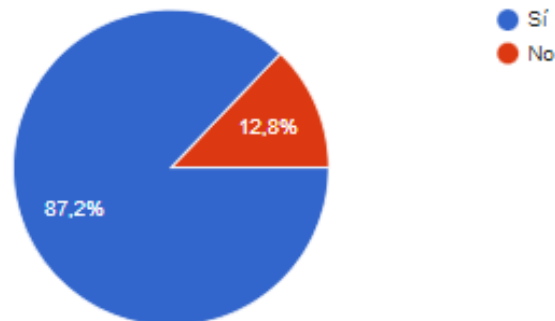
78 respuestas



16. ¿Sabías que en los residuos electrónicos hay materiales peligrosos que pueden causar daños en la salud y el medioambiente?

 Copiar

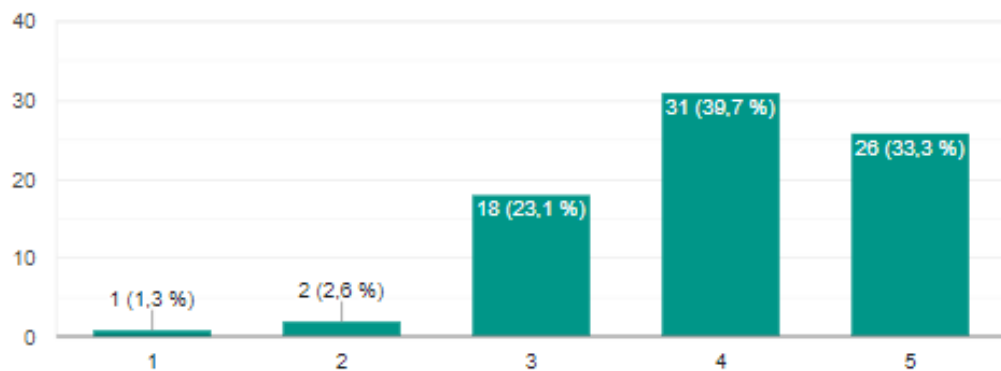
78 respuestas




17. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, ¿estarías dispuesto a cambiar tus hábitos de compra a unos más sostenibles?

 Copiar

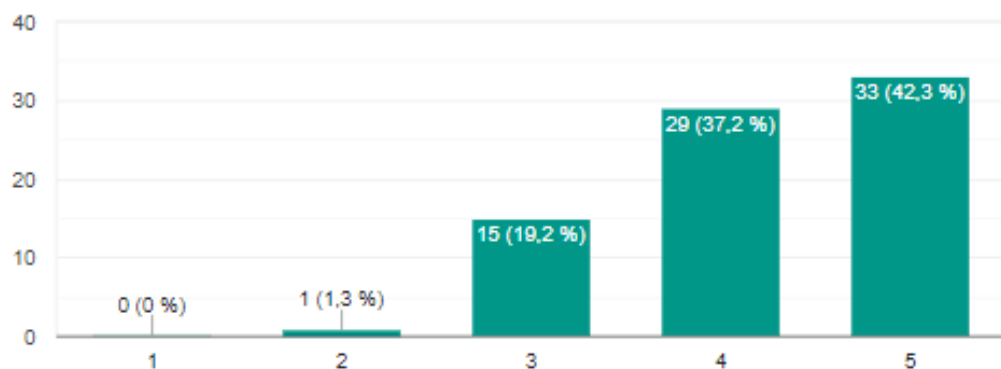
78 respuestas



18. ¿Te comprometerías a utilizar otros métodos de fin de vida del producto? (Empezar a reutilizar los productos electrónicos, reciclarlos, etc.)

 Copiar

78 respuestas

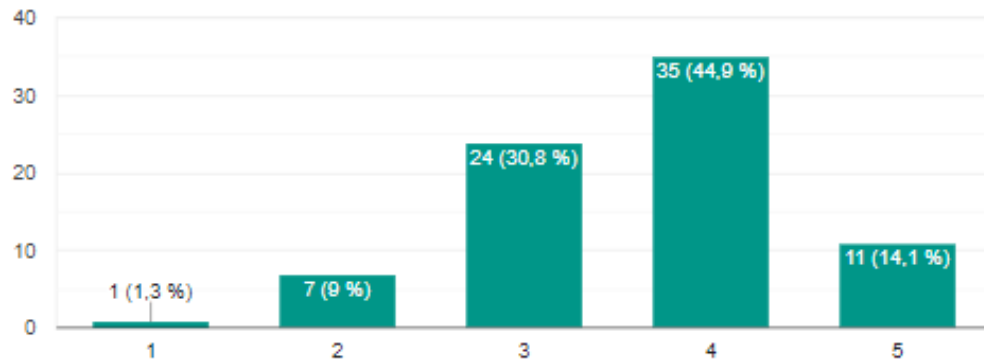


Bioluminiscencia

19. ¿Cuánta fiabilidad te daría una lámpara que funcione mediante bioluminiscencia?

 Copiar

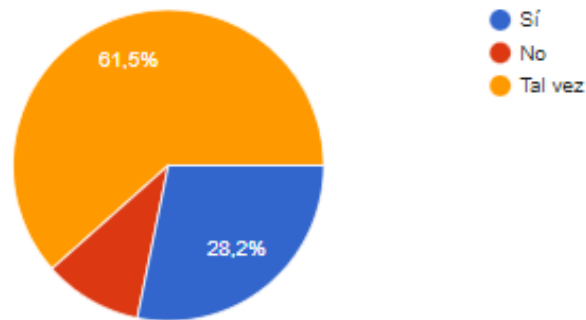
78 respuestas



20. ¿Crees que la Bioluminiscencia podría llegar a ser la luz del futuro?

 Copiar

78 respuestas



Datos de Interés

Problemáticas de la Contaminación Lumínica

Problemática Desechos Electrónicos

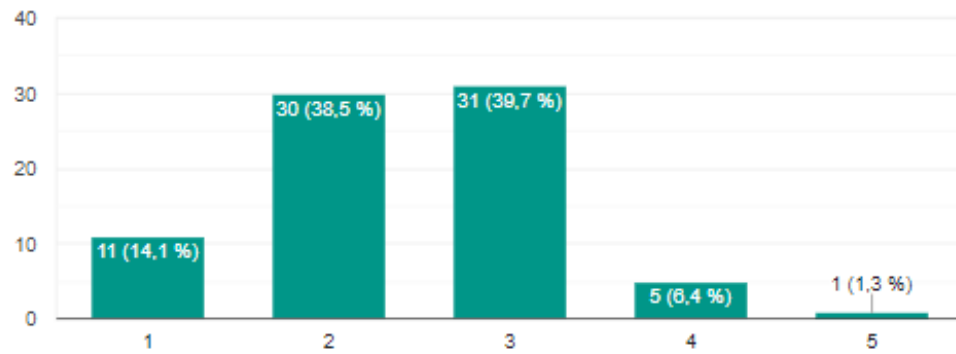
Bioluminiscencia

Preguntas finales

21. ¿Estás contento con el método tradicional de iluminación?

 Copiar

78 respuestas



22. ¿Estarías abierto a probar nuevos sistemas de iluminación más sostenibles?

 Copiar

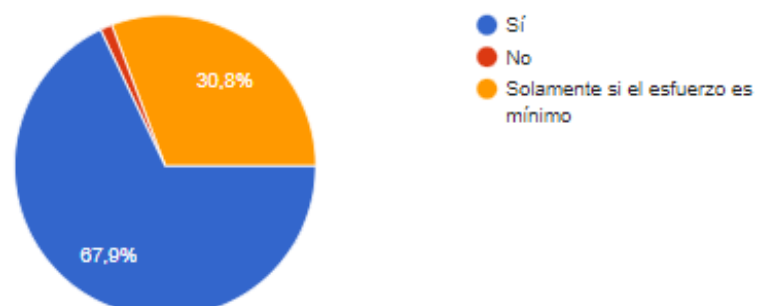
78 respuestas



23. En caso de que para encender el dispositivo tuvieses que realizar un pequeño esfuerzo (Ej.: moverlo, agitarlo, girarlo, etc), ¿Seguirías estando dispuesto a comprarlo por criterios sostenibles?

 Copiar

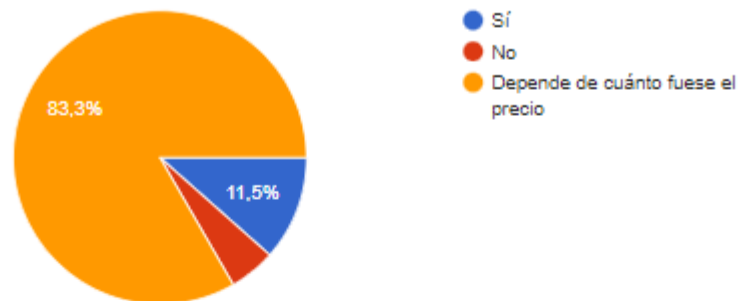
78 respuestas



24. En caso de que este sistema fuese más caro, ¿estarías dispuesto a comprarlo?

[Copiar](#)

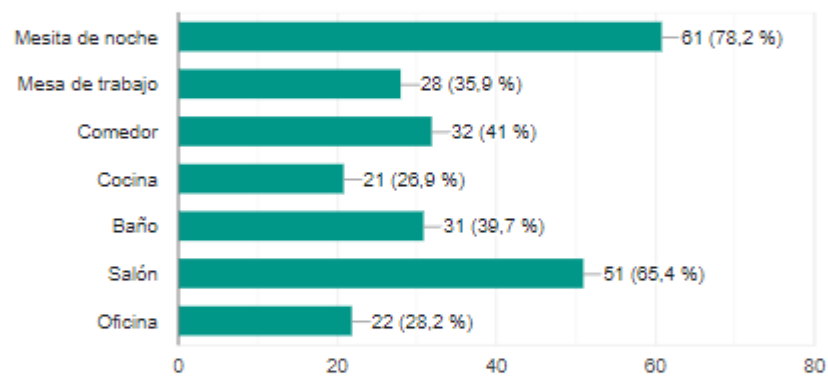
78 respuestas



25. ¿Dónde te gustaría tener una lámpara bioluminiscente?

[Copiar](#)

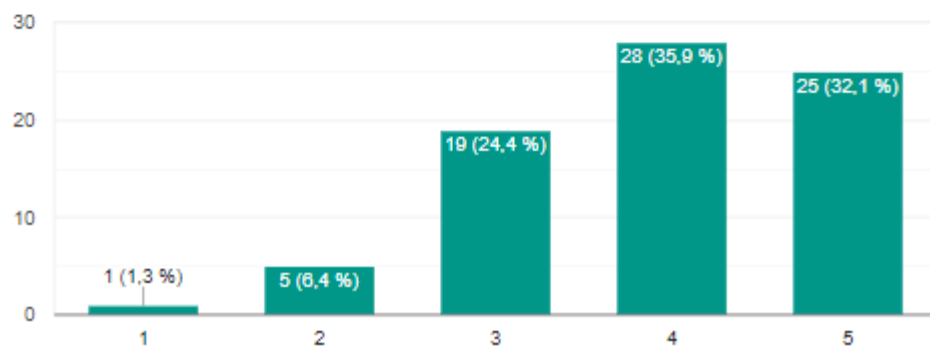
78 respuestas



26. Siendo 1 la mínima puntuación y 5 la máxima, ¿cuánto valoras que una lámpara sea sostenible?

[Copiar](#)

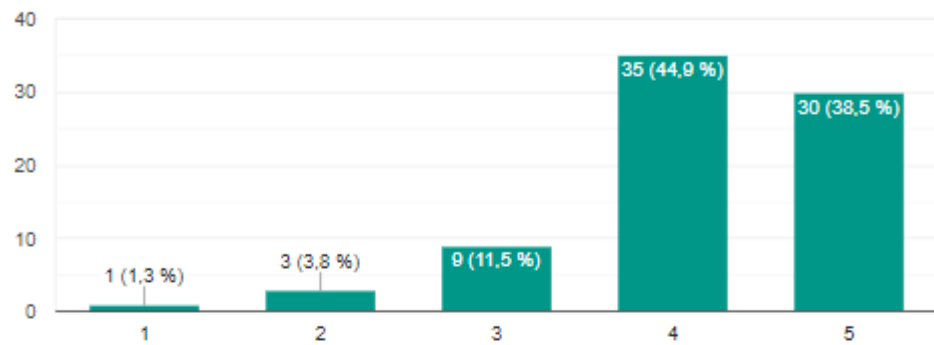
78 respuestas



27. Siendo 1 la mínima puntuación y 5 la máxima, ¿cuánto valoras que una lámpara sea atractiva?

[Copiar](#)

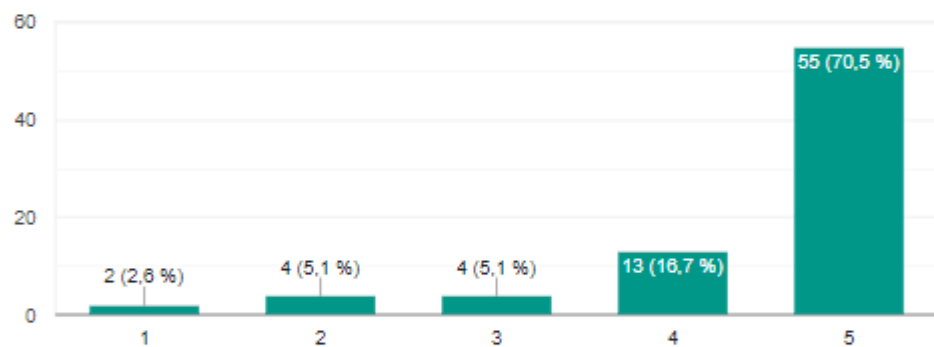
78 respuestas



28. Siendo 1 la mínima puntuación y 5 la máxima, ¿cuánto valoras que una lámpara no afecte a tu salud?

[Copiar](#)

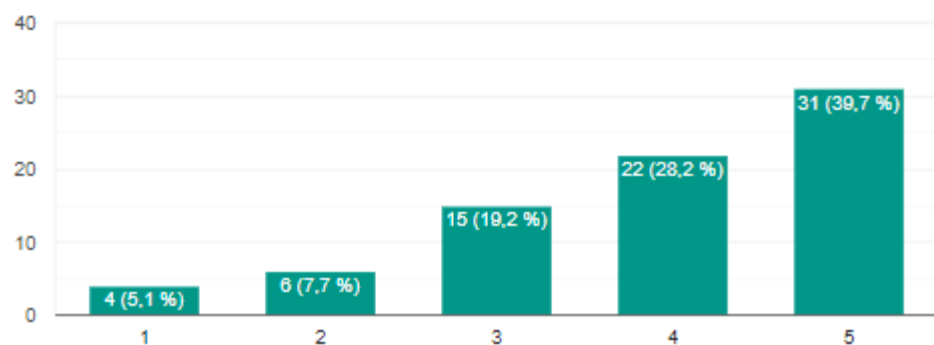
78 respuestas



29. Siendo 1 la mínima puntuación y 5 la máxima, ¿cuánto valoras que una lámpara sea fácil de reciclar o de darle un segundo uso?

[Copiar](#)

78 respuestas



02

Pliego de Condiciones.

Índice de Pliego de Condiciones

1 Objeto y alcance de pliego	163
2 Normativa de carácter general	163
3 Condiciones técnicas de los materiales, características y condiciones del suministro	163
3.1 Condiciones técnicas de la materia prima	164
3.2 Condiciones técnicas de productos comerciales	166
3.3 Condiciones técnicas de fabricación y montaje	166
4 Bibliografía	169

Índice de Figuras

Figura 1. Cristal organizado de SiO ₂ (Wikipedia, 2023)	164
Figura 2. Fabricación de molde (Mountain Spring Products, 2015)	166
Figura 3. Sistema de soplado.	167
Figura 4. Enfriamiento vidrio (JL Glass, 2023)	167
Figura 5. Moldeo por compresión (Moldex 3D, 2023)	168

Índice de Tablas

Tabla 1. Normativa de carácter general	163
Tabla 2. Comportamientos a esfuerzos físicos y ambientales del vidrio	164
Tabla 3. Comportamientos a esfuerzos físicos y ambientales del corcho	165
Tabla 3. Condiciones técnicas de Organismos Bioluminiscentes	166

1 Objeto y alcance de pliego

Diseño de un producto para iluminación bioluminiscente. Pensado como una alternativa sostenible a la iluminación artificial, con el claro objetivo de reducir el impacto negativo de la contaminación lumínica y fomentar el bienestar de los usuarios. En el presente pliego de condiciones se incluyen las exigencias técnicas y legales requeridas para la realización de este proyecto, así como las condiciones técnicas relacionadas con los materiales a emplear.

En caso de incongruencia documental prevalece lo indicado en el presente pliego de condiciones.

2 Normativa de carácter general

En esta sección, se recopilan los datos relevantes provenientes de diversas normativas investigadas, los cuales revisten una importancia fundamental durante el proceso de desarrollo del producto. Sin embargo, es importante destacar que, hasta el momento, no existe una normativa o legislación específica que aborde de manera clara y adaptada el uso de iluminación creada por organismos vivos, como la bioluminiscencia.

Número de la norma	Nombre
UNE-EN ISO 12100	Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.
UNE-EN ISO 14001	Sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
UNE-EN ISO 14006	Sistemas de gestión ambiental. Directrices para incorporar el ecodiseño.
UNE-EN ISO 14040	Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
UNE-EN ISO 14044	Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.

Tabla 1. Normativa de carácter general

3 Condiciones técnicas de los materiales, características y condiciones del suministro

En el siguiente apartado se detallan los materiales indispensables para la fabricación del producto, junto con sus respectivas características, condiciones de suministro y los proveedores identificados.

3.1 Condiciones técnicas de la materia prima

3.1.1 Vidrio Reciclado

Denominación. Vidrio común

Composición química.

El vidrio es un material transparente y sólido amorfo creado mediante la fusión y enfriamiento de ingredientes clave. El dióxido de silicio (SiO_2) constituye la mayor parte de su composición (hasta un 70%), dando lugar a su estructura amorfa. Para ajustar sus propiedades, se incorporan pequeñas cantidades de óxidos metálicos, como el óxido de sodio (Na_2O) para reducir la temperatura de fusión, el óxido de calcio (CaO) para estabilizarlo y aumentar su resistencia química, el óxido de aluminio (Al_2O_3) para fortalecerlo mecánicamente, y el óxido de potasio (K_2O) en ocasiones para reemplazar el óxido de sodio en algunos tipos de vidrios.

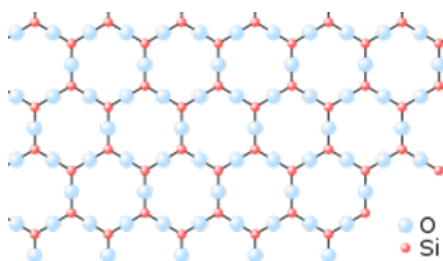


Figura 1. Cristal organizado de SiO_2 (Wikipedia, 2023)

Comportamiento a esfuerzos físicos y ambientales.

Propiedades Generales	
Densidad	2,44e3 – 2,49 e3 kg/m ³
Propiedades Mecánicas	
Módulo de Young	68,2-71,7 GPa
Límite Elástico	31-34,2 MPa
Resistencia a tracción	31-34,2 MPa
Resistencia a compresión	310-342 MPa
Tenacidad de fractura	0,64-0,65 MPa.m ^{0,5}
Propiedades térmicas	
Temperatura de vitrificación	442-592 °C
Conductividad térmica	0,7-1,3 Wm.°C
Coefficiente de expansión térmica	9,16-9,53 $\mu\text{strain}/^\circ\text{C}$
Propiedades Ópticas	
Transparencia	Transparente
Índice de refracción	1,5-14 MV/m
Reciclado del Material	
Reciclaje	Sí
Vertedero	Sí
Biodegradable	No
Ratio de toxicidad	No tóxico
Fuente renovable	No

Tabla 2. Comportamientos a esfuerzos físicos y ambientales del vidrio

Condiciones de suministro. para la realización de este proyecto se necesita comprar calcín. Son pequeños fragmentos de vidrio que se utilizan como materia prima para fabricar nuevos productos de vidrio. El proveedor Ramón Clemente será el encargado de proporcionar esta materia prima. Se necesitan 375g aproximadamente de este material por lámpara.

3.1.2 Granulado de Corcho de 2-3 mm

Denominación. Corcho

Composición química.

Cada centímetro cúbico de corcho contiene aproximadamente cuarenta millones de células. Y cada célula está principalmente compuesta por suberina, una sustancia que constituye casi la mitad de la composición del corcho. Sin embargo, también contiene lignina (27%), polisacáridos (12%), cera (5%) y taninos (6%), aunque en cantidades más pequeñas.”

Comportamiento a esfuerzos físicos y ambientales.

Propiedades Generales	
Densidad	120 kg/m ³
Propiedades Mecánicas	
Módulo de Young	0,005 GPa
Límite Elástico	0,52 MPa
Resistencia a tracción	0,09 MPa
Resistencia a compresión	17,46 MPa
Tenacidad de fractura	MPa.m ^{0,5}
Propiedades térmicas	
Conductividad térmica	0,037 / 0,04 Wm.°C
Coefficiente de expansión térmica	25 a 50 x 10 ⁻⁶ µstrain/°C
Reciclado del Material	
Reciclaje	Sí
Vertedero	Sí
Biodegradable	Sí
Ratio de toxicidad	No tóxico
Fuente renovable	Sí

Tabla 3. Comportamientos a esfuerzos físicos y ambientales del corcho

Condiciones de suministro. Se adquirirán 100 kilogramos de corcho granulado con un tamaño de partícula de 2-3 mm a través del proveedor Corcho 24.

3.1.3 Aglutante para Corcho

Proveedor. Cymper

Características. PAVILAD Resina alifática. Resina aglomerante en base poliuretanos alifáticos en envase de 5 kg.

Aspecto. Translúcido

3.2 Condiciones técnicas de productos comerciales


Organismos Bioluminiscentes	
Fotografía	
Fabricante	BioGlow
Modelo	GLOWINGA LGAE (500ML)
Características	- Volumen: 500m l - Especie <i>Pyrocystis lunula</i>

Tabla 3. Condiciones técnicas de Organismos Bioluminiscentes

3.3 Condiciones técnicas de fabricación y montaje

3.3.1 Fabricación

En este apartado, se expondrán los diversos procesos de fabricación requeridos para obtener la luminaria.

3.3.1.1 Fabricación del recipiente

1. Fabricación del molde.

Una vez finalizado el diseño, se procede a la construcción del molde de producción utilizando el método EDM para dar forma a la cavidad. En este proceso, se emplean estaciones de fresado CNC de alta velocidad para cortar electrodos de cobre con dimensiones idénticas a las de la pieza final deseada.

Una vez mecanizado con precisión, el electrodo se instala en una de las máquinas de electroerosión, donde se carga con electricidad y se desciende cuidadosamente sobre la superficie de acero. A través de una serie de impulsos eléctricos repetidos, el electrodo imprime su imagen inversa en el bloque de acero.



Figura 2. Fabricación de molde (Mountain Spring Products, 2015)

Por último, placas del molde se preparan para el pulido de alta precisión, texturizado y ajustes finales.

2. Fabricación del recipiente

La producción de vidrio se inicia con la adquisición de materias primas clave. Estos ingredientes se someten a un proceso de fusión en hornos con temperaturas alcanzando los 1600°C, hasta que se logra una pasta moldeable. Tras salir de los hornos, el vidrio se fragmenta en gotas de peso específico y se moldean en las formas deseadas utilizando el molde diseñado mediante un sistema de soplado.

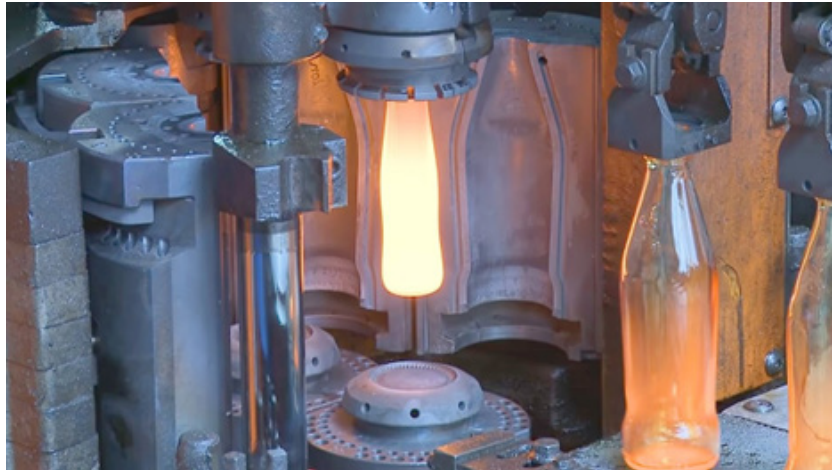


Figura 3. Sistema de soplado. Fuente de https://i.ytimg.com/vi/A_M8WBJMcM0/maxresdefault.jpg

Estas formas recién creadas son luego enfriadas gradual y cuidadosamente en arcas de recocido, un paso esencial para garantizar la robustez y durabilidad de los envases resultantes. Este proceso integral asegura la calidad y resistencia de los productos de vidrio fabricados.



Figura 4. Enfriamiento vidrio (JL Glass, 2023)

3.3.1.2 Fabricación del elemento central

1. Fabricación del molde

Al igual que con el molde para el recipiente, el proceso de construcción del molde de producción se inicia una vez que el diseño ha sido finalizado y se utiliza el método de Electroerosión por Hilo (EDM) para dar forma al molde. Posteriormente, se lleva a cabo un meticuloso proceso de pulido de alta precisión y se aplica textura según sea necesario para lograr el acabado deseado.

2. Fabricación del elemento central

Los gránulos de corcho se constituyen como la materia prima esencial en la producción de aglomerados. Estos aglomerados son creados a través de un proceso que involucra la aglutinación de gránulos específicos en términos de tamaño y densidad, mediante la aplicación de presión, calor, y el uso de aglutinantes apropiados, variando según el producto y la aplicación requerida.

Después de una dosificación automatizada o manual, la mezcla de gránulos, aglutinantes se logra mediante procedimientos mecánicos, como mezcladores de paletas. Para la aglutinación, se utilizan resinas de base vegetal. Posteriormente, los gránulos y las resinas se disponen en moldes de acero y se someten a un proceso de prensado. Es decir, siguen el proceso de moldeo por compresión. A continuación, estos moldes se trasladan a una cámara de calentamiento, que generalmente es un horno, operando a temperaturas entre 110 y 150°C, durante un período que de 4 horas.

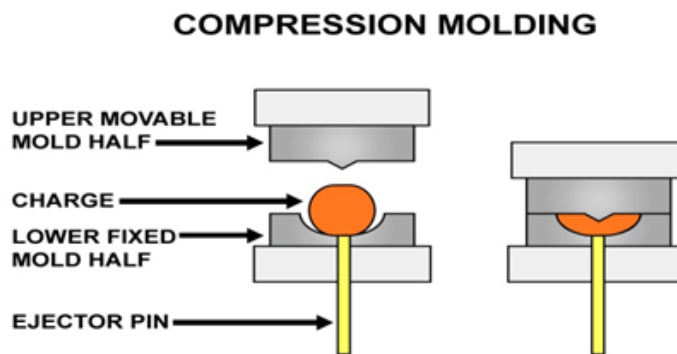


Figura 5. Moldeo por compresión (Moldex 3D, 2023)

Tras la fase de calentamiento, el aglomerado es desmoldado y pasa por un proceso de enfriamiento y estabilización, dando como resultado el diseño del elemento central. Finalmente, la etapa de lijado se lleva a cabo para afinar tanto el espesor como la textura del producto.

3.3.2 Montaje

Dado que este producto consta de un número reducido de componentes, el ensamblaje de la luminaria resulta sumamente sencillo. Además, se ha diseñado el producto con la facilidad de desmontaje y montaje en mente, lo que simplifica cualquier tarea de reparación necesaria. Este proceso constaría de las siguientes fases:

1. Colocar un recipiente sobre una superficie plana y estable.
2. Verter cuidadosamente los organismos bioluminiscentes en el recipiente.
3. Colocar el elemento central sobre el recipiente y unir ambos componentes mediante compresión.
4. Posicionar el segundo recipiente boca abajo en el elemento central y, nuevamente, unir estas dos piezas por compresión para lograr un sellado hermético
5. Concluir el montaje

4 Bibliografía

García Plaza, M. (2023). Fragancia y arte: Diseño de una línea de envases para perfumería basado en el Arte Povera y la estética de las ninfas griegas. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.

JL Glass. (2023). GLASS WINE BOTTLE. Obtenido de JL Glass: <https://www.baolinglass.com/glass-bottle-manufacturers-industry-leaders-in-the-world/>

Moldex3D. (2021). Why Compression Molding? Obtenido de Moldex3D: <https://www.moldex3d.com/products/software/moldex3d/solution-add-on/compression-molding/>

Mountain Spring Products. (2015). MOLD MAKING PROCESS. Obtenido de Mountain Spring Products: <http://mtsplastics.com/about>

Recykyo. (2023). MOLDEO POR COMPRESIÓN. Obtenido de Recykyo: <https://recykyo.com/moldeo-por-compresion/>

Wikipedia. (2023). Vidrio. Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Vidrio>

03

Presupuesto.

1 Introducción y Plantilla para los presupuestos

En este informe se abordará la estimación presupuestaria para la producción de la luminaria bioluminiscente diseñada. En primer lugar, se calcularán los costos de los materiales necesarios, junto con los gastos relacionados con los servicios subcontratados requeridos para la fabricación del producto. Cada material se asociará con su respectivo método de fabricación, lo que permitirá calcular el costo del producto para una producción de 1000 unidades. Cabe mencionar que, en una situación óptima, se podría considerar el cultivo de fitoplancton en un entorno de laboratorio para reducir los costos a largo plazo, dado que se trata de organismos vivos.

A continuación, se evaluará el costo de la mano de obra, tomando en cuenta la remuneración de los trabajadores en función de sus roles en el proceso de fabricación. La suma de todos estos costos proporcionará el valor final, que representa el costo total de fabricación de la luminaria.

Se aplicará una plantilla estándar tanto a las piezas comerciales como a las diseñadas. Al final del proceso, se presentará una tabla resumen que detallará los costos parciales y totales, lo que permitirá determinar el precio de venta al público de manera clara y concisa.

DENOMINACIÓN DE LA PIEZA

COSTE DE MATERIALES	
Materia prima	
	Subtotal 1.1
Productos subcontratados	
	Subtotal 1.2
Total parcial 1: Subtotal 1.1 + Subtotal 1.2	
COSTE DE LA MANO DE OBRA	
Mano de obra directa	
	Subtotal 2.1
Operaciones subcontratadas	
	Subtotal 2.2
Total parcial 2: Subtotal 2.1 + Subtotal 2.2	
COSTE DE FABRICACIÓN = TP1 + TP2	

Tabla 1. Tabla de Referencia

2 Material Orgánico Comercial

ORGANISMOS BIOLUMINISCENTES

COSTE DE MATERIALES	
Materia prima	
	Subtotal 1.1 – 0€
Productos subcontratados	
Organismos bioluminiscentes	
Precio 59,98 €/l	
Cantidad: 500 ml	
	Subtotal 1.2 – 29,99€
Total parcial 1 - 29,99€	
COSTE DE LA MANO DE OBRA	
Mano de obra directa	
	Subtotal 2.1 – 0€
Operaciones subcontratadas	
	Subtotal 2.2 – 0€
Total parcial 2 – 0€	
COSTE DE FABRICACIÓN - 29,99€	

Tabla 2. Organismos Bioluminiscentes

3 Piezas Diseñadas

RECIPIENTE

COSTE DE MATERIALES	
Materia prima	
Vidrio Común	
Precio: 1,1€/kg	
Masa: 182 g	
	Subtotal 1.1 – 0,2€
Productos subcontratados	
Molde de soplado: 3500€	
Piezas/Lote: 2000	
	Subtotal 1.2 – 1,75€
Total parcial 1	– 1,95€
COSTE DE LA MANO DE OBRA	
Mano de obra directa	
Operación: Soplado-Soplado	
Tipo de operario: Oficial 2ª	
Tiempo de operación: 0,25 h	
Tasa horaria: 30€/h	
	Subtotal 2.1 – 7,5€
Operaciones subcontratadas	
	Subtotal 2.2 – 0€
Total parcial 2	– 7,5€
COSTE DE FABRICACIÓN – 9,45€	

Tabla 3. Recipiente

ELEMENTO CENTRAL

COSTE DE MATERIALES

Materia prima

Corcho

Suministro: granulado de corcho 2-3 mm en bolsas de 100 kg

Precio: 3,22€/kg

Masa: 182g

Aglomerante

Suministro: envase de 5 kg de resina alifática

Precio: 127,5€/kg

Masa: 5 g

Subtotal 1.1 – 1,22€

Productos subcontratados

Molde de compresión: 300€

Piezas/Lote: 1000

Subtotal 1.2 – 0,3 €

Total parcial 1 – 1,52€

COSTE DE LA MANO DE OBRA

Mano de obra directa

Operación: Moldeo por compresión

Tipo de operario: Oficial de 2ª

Tiempo de operación: 0,01h

Tasa horaria: 30€/h

Operación: Lijado y eliminación de defectos

Tipo de operario: Oficial de 2ª

Tiempo de operación: 0.008h

Tasa horaria: 30€/h

Subtotal 2.1 – 0,54€

Operaciones subcontratadas

Subtotal 2.2 – 0€

Total parcial 2 – 0,54€

COSTE DE FABRICACIÓN – 2,06€

Tabla 4. Elemento Central

4 Resumen del presupuesto

Considerando los valores proporcionados en el presupuesto hasta este punto, es factible calcular el costo de fabricación de una sola unidad del producto, teniendo en cuenta el costo de los materiales, la mano de obra y el componente individual. Cabe destacar que este producto ha sido diseñado para una producción en serie, lo que ha permitido reducir los costos. Además de este costo de fabricación, es necesario agregar otros factores financieros, como los beneficios y los honorarios, los cuales se detallarán en esta sección.

Denominación	C. Materiales	C. Mano de obra	Ud.	C. Total
Organismos bioluminiscentes	29,99€	-	1	29,99€
Recipiente	1,95€	7,5€	2	18,9€
Elemento Central	1,52€	0,54€	1	2,06€
Coste Total	33,46€	8,04€	4	50,95€

Tabla 5. Resumen de Costes de Fabricación

Considerando el costo total de fabricación de 50,95€, es necesario calcular el precio de venta al público. Se aplica un margen de beneficio del 30% sobre el costo total, además de los honorarios del diseñador, que representan un 2,5% por unidad. Además, se debe agregar un 21% de IVA. Es relevante destacar que, como se ha mencionado en la memoria y el pliego de condiciones, en una situación ideal, la empresa se encargaría de la producción de organismos bioluminiscentes, lo cual, al tratarse de la parte más costosa de la fabricación, podría reducir significativamente los precios.

Coste de fabricación	Margen de beneficios - 30%	Honorarios - 2,5%	IVA - 21%	PVP
50,95 €	15,29€	1,27€	10,7€	78,21€

Tabla 6. Precio de Venta al Público

04

Planimetría.

4

3

2

1

F

F

E

E

D

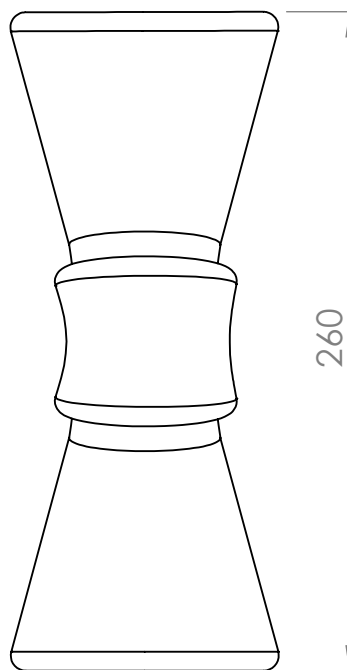
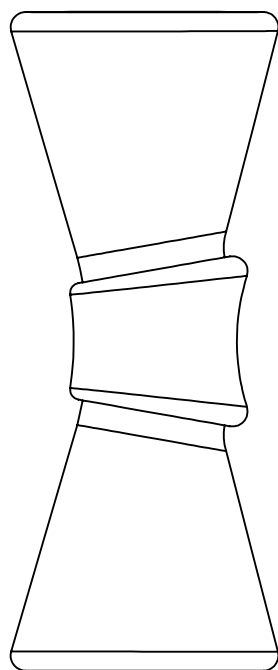
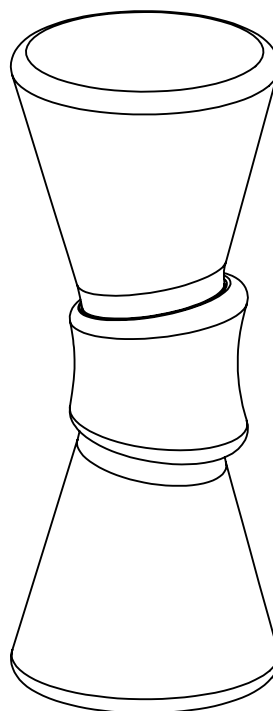
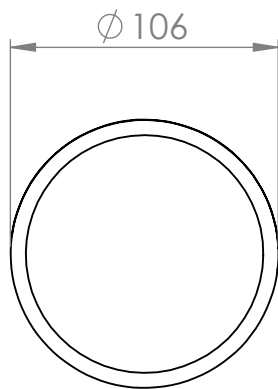
D

C

C

B

B



Diseñado por: Elsa Lacunza

Dibujado por: Elsa Lacunza

Revisado por: E. A. González

Julio 2023

Julio 2023

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

Designación

Luminaria



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Escala

1:3

Formato

A4

Sistema de Representación



Unidad dimensional: mm

Material: -

Hoja 1 de 4

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

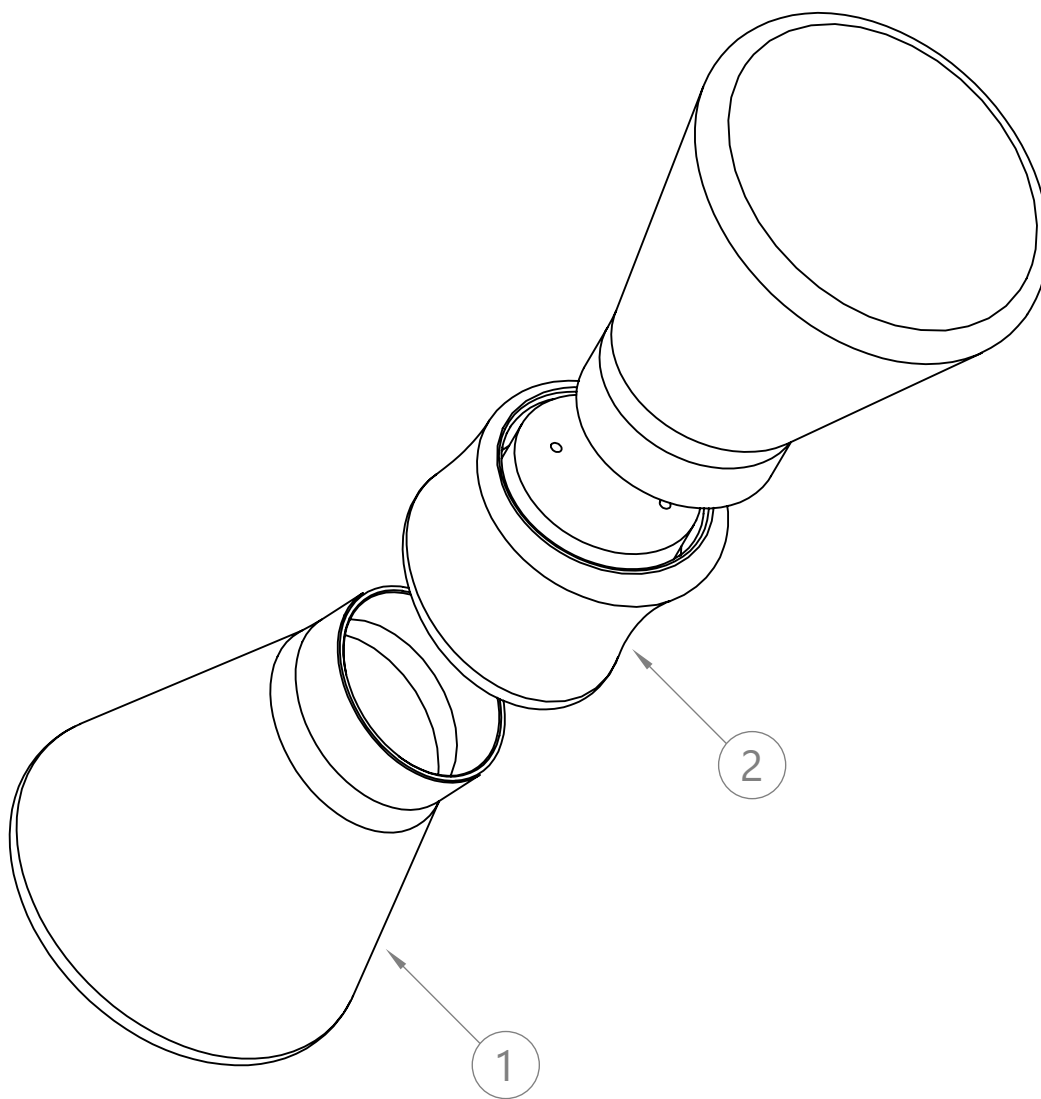
D

C

C

B

B



Marca	Denominación	Material	Cantidad
2	Elemento Central	Corcho	1
1	Recipiente	Vidrio	2

Diseñado por: Elsa Lacunza	Dibujado por: Elsa Lacunza	Revisado por: E. A. González
----------------------------	----------------------------	------------------------------

Julio 2023	Julio 2023	
------------	------------	--

Designación

Explosionado

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Escala 1:2	Formato A4	Sistema de Representación
----------------------	----------------------	-------------------------------

Unidad dimensional: mm	Material: -	Hoja 2 de 4
------------------------	-------------	-------------

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

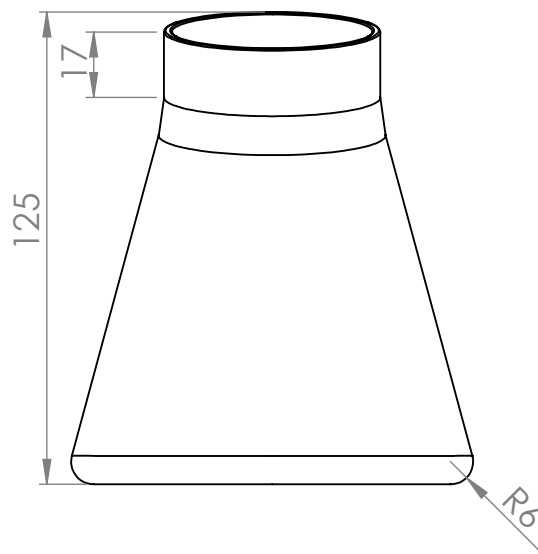
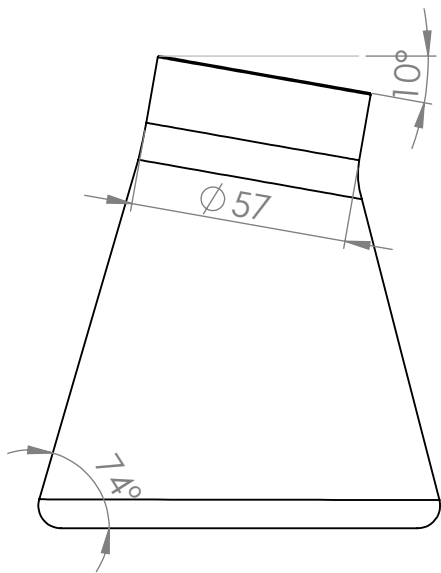
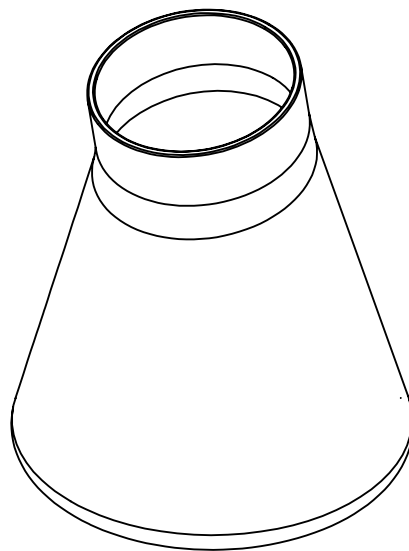
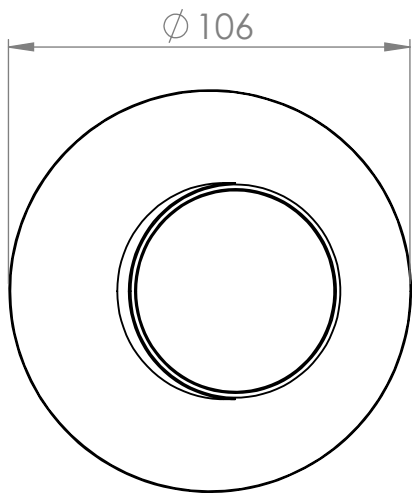
D

C

C

B

B



Diseñado por: Elsa Lacunza

Dibujado por: Elsa Lacunza

Revisado por: E. A. González

Julio 2023

Julio 2023

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

Designación

Recipiente

Escala

1:2

Formato

A4

Sistema de Representación



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Unidad dimensional: mm

Material: Vidrio Reciclado

Hoja 3 de 4

4

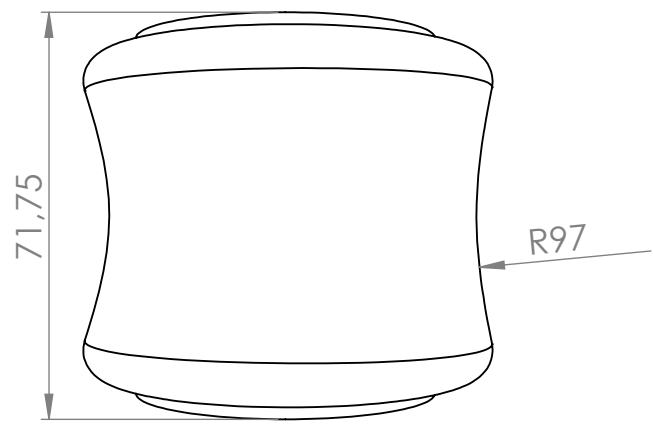
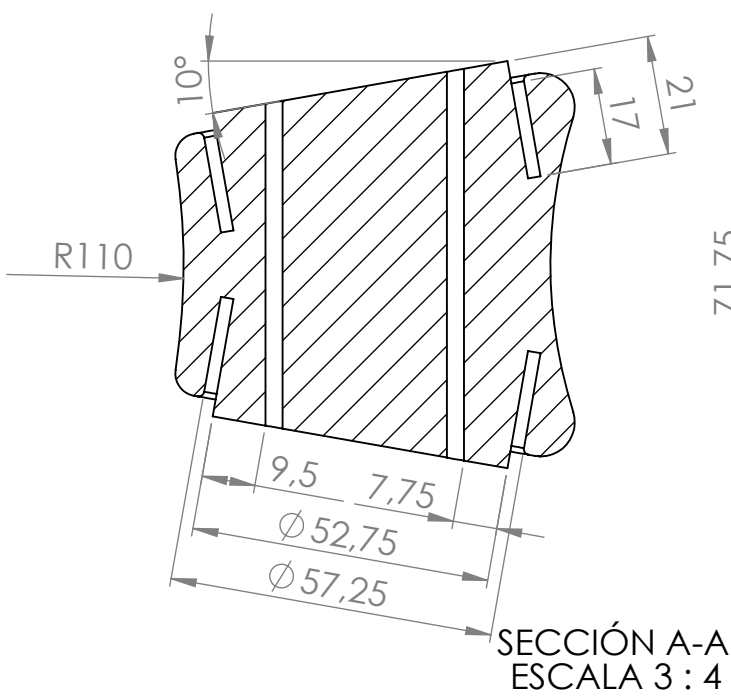
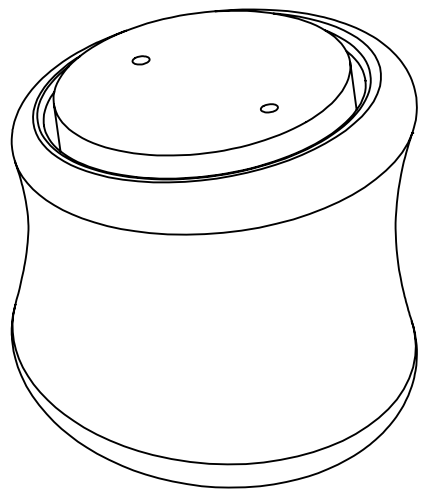
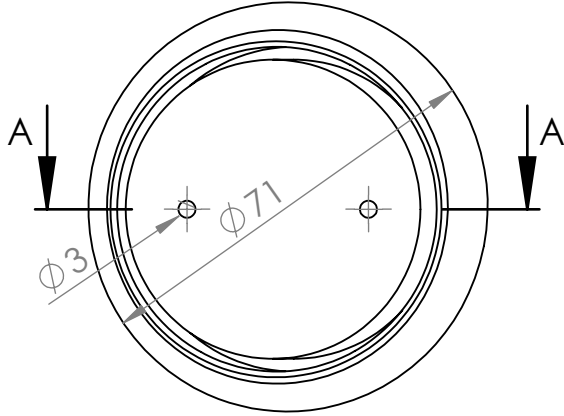
3

2

1

A

A



Diseñado por: Elsa Lacunza	Dibujado por: Elsa Lacunza	Revisado por: E. A. González
Julio 2023	Julio 2023	
Designación Elemento Central		
Escala 3:4	Formato A4	Sistema de Representación

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Unidad dimensional: mm Material: Corcho Hoja 4 de 4