



DISEÑO GRÁFICO

Tesis previa a la obtención del título de Diseñador Gráfico.

AUTOR: Matías Javier
López Erazo

TUTOR: Msc. David
Leonardo Mena Proaño

Diseño y desarrollo de una guía educativa interactiva con realidad aumentada para la enseñanza de iluminación 3D en Blender, orientada a estudiantes universitarios de la carrera de Diseño Gráfico.

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, LÓPEZ ERAZO MATÍAS JAVIER declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y que se ha consultado la biografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'López Erazo Matías Javier', with a large, sweeping flourish at the end.

LÓPEZ ERAZO MATÍAS JAVIER

Autor

Yo, MSC. LEONARDO PROAÑO certifico que conozco al autor del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Lep.', with a long, thin vertical stroke extending downwards.

Mgs. DAVID LEONARDO MENA PROAÑO

Director de Tesis

Dedicatoria



Cada paso que damos en esta vida es un logro. Este es un paso más. Quiero dedicar este logro a mi papá y mamá, quienes me apoyaron en todo lo que necesitaba durante esta etapa y nunca me dejaron solo a lo largo de estos cuatro años. Se lo dedico a mi familia, quienes me brindaron las fuerzas de seguir adelante, brindándome su amor y ayuda en toda necesidad y cada momento. Se lo dedico a mis amigos, los que estaban desde antes y los que aparecieron en este tramo del camino, quienes han sido personas excelentes y también han sido un pilar de apoyo bastante fuerte, junto a los que hemos pasado tantos buenos y malos momentos. Por último, y no menos importante, se lo dedico a los profesores que nos han guiado a mis compañeros y a mí durante la carrera, gracias a su calidad humana y profesional es que hemos llegado todos a terminar esta etapa.

Adicionalmente quiero darle gracias a la vida, que me ha dado la bendición de cursar este camino y puso en el a todas estas buenas personas, desde mis padres y familia, hasta cada persona con la que me he cruzado, que me han ayudado a aprender tantas cosas buenas y al mismo tiempo ver cosas malas, para aprender a no caer en eso y mejorar como ser humano.

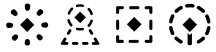


Resumen

El presente proyecto de titulación plantea una propuesta innovadora para la enseñanza de la iluminación en Blender, orientada a estudiantes universitarios de la carrera de Diseño Gráfico. El objetivo es mitigar las dificultades de comprensión en torno a conceptos que suelen resultar abstractos para el alumnado y, simultáneamente, constituir un material didáctico de apoyo para su uso tanto dentro como fuera del aula de clases.

La investigación se desarrolló mediante la metodología *Design Thinking* e incorpora elementos interactivos de realidad aumentada a través de la plataforma Artivive, permitiendo la proyección de cápsulas animadas demostrativas y modelos 3D en la pantalla de dispositivos móviles. De este modo, el proyecto innova al presentar un producto editorial de naturaleza híbrida que integra el formato físico con el entorno digital.

Finalmente, la propuesta fue validada mediante el juicio de expertos con profesionales desempeñados en el diseño editorial, el modelado, la animación 3D y las áreas audiovisuales; asimismo, se evaluó mediante pruebas de usuario con el público objetivo. Los resultados de la validación y testeo fueron altamente favorables, demostrando que el proyecto cumple con creces la función didáctica para la que fue diseñado.



Abstract

This graduation project presents an innovative proposal for teaching lighting in Blender, tailored for university students in the Graphic Design program. The objective is to mitigate comprehension difficulties surrounding concepts that are often abstract for students while simultaneously providing supporting didactic material for use both inside and outside the classroom.

The research was developed using the *Design Thinking* methodology and incorporates interactive augmented reality elements through the Artivive platform, enabling the projection of demonstrative animated capsules and 3D models on mobile device screens. Consequently, the project innovates by introducing a hybrid editorial product that seamlessly integrates the physical format with the digital environment.

Finally, the proposal was validated through expert judgment involving professionals working in editorial design, 3D modeling, animation, and audiovisual fields; additionally, it underwent user testing with the target audience. The validation and testing results were highly favorable, demonstrating that the project fully accomplishes the didactic function for which it was designed.



Tabla de Contenido

Dedicatoria	9
Resumen	11
Abstract	12
1	Introducción 26
1.1	Tema 26
1.2	Introducción 26
1.3	Antecedentes 26
1.3.1	La luz como eje fundamental y narrativo en la imagen 26
1.3.2	Desafíos en la enseñanza y la "ceguera" ante la luz 27
1.3.3	El papel de la Realidad Aumentada (RA) como puente pedagógico 27
1.4	Formulación del problema 27
1.4.1	Planteamiento del Problema 27
1.4.2	Pregunta de Investigación 28
1.5	Objetivos: 28
1.5.1	Objetivo General 29
1.5.2	Objetivos específicos: 30
1.6	Justificación: 31
1.6.1	Relevancia académica 32
1.6.2	Relevancia social 32
1.6.3	Relevancia profesional 32
2	Marco Referencial 34



2.1	Marco Referencial	34
2.1.1	La iluminación como lenguaje y narrativa visual	34
2.1.2	Fundamentos técnicos de la iluminación digital	34
2.1.3	Realidad Aumentada (RA) en el ámbito pedagógico	34
2.2	Estado del arte	35
2.2.1	Tendencias en la pedagogía de la mirada	35
2.2.2	Avances tecnológicos en el renderizado 3D (Blender)	35
2.2.3	Situación de la RA en la educación superior y el contexto local	35
2.3	Bases teóricas:	36
2.3.1	Diseño editorial	36
2.3.1.1	Fundamentos del Diseño Editorial y Ergonomía Cognitiva	36
2.3.1.2	La Retícula como Instrumento de Ordenación Visual	36
2.3.1.3	Tipología de Retículas Editoriales y su Funcionalidad	37
2.3.1.4	Articulación Editorial y Requerimientos de la Realidad Aumentada	37
2.3.2	Modelado y Animación 3D	38
2.3.2.1	El Pipeline de Producción Tridimensional y su Estructura Industrial	38
2.3.2.2	Fundamentos Matemáticos y Geométricos del Modelado 3D	39
2.3.2.3	Técnicas de Modelado: Inorgánico vs. Orgánico	40
2.3.2.4	3.4. Optimización Geométrica para Entornos Interactivos de Realidad Aumentada	41
2.3.2.5	Fundamentos Físicos y Mecánicos de la Animación 3D	41
2.3.2.6	Métodos de Animación Digital	42
2.3.2.7	Los Doce Principios de la Animación de Disney Aplicados al Espacio 3D	43
2.3.2.8	Optimización de Assets 3D para Realidad Aumentada (RA) en Entornos Educativos	44



2.3.3	Luz Digital y Renderizado 3D	45
2.3.3.1	Fundamentos Teóricos de la Luz Digital y la Emulación Algorítmica	45
2.3.3.2	Trazado de Caminos (Path Tacing) e Iluminación Global	46
2.3.3.3	Rasterización y Renderizado PBR en Tiempo Real	46
2.3.3.4	Tipología y Comportamiento Técnico de las Luminarias en Blender	47
2.3.3.5	A. Punto de Luz (Point Light)	47
2.3.3.6	B. Luz de Área (Area Light)	47
2.3.3.7	C. Foco de Luz (Spotlight)	47
2.3.3.8	D. Sol (Sun Light)	47
2.3.3.9	Requerimientos Especiales de Sombra en Eevee: Contact Shadows	47
2.3.4	Cromática	48
2.3.4.1	Teoría del Color: Estructuración, Contrastes e Interacción	49
2.3.5	Psicología del color	50
2.3.5.1	Epistemología del Color: La Perspectiva Sociológica de Eva Heller	50
2.3.5.2	El Principio del Contexto y los "Acordes Cromáticos"	50
2.3.5.3	El Color como Mecanismo Funcional y Reductor de la Carga Cognitiva	51
2.3.5.4	Análisis Psicológico y Funcional de la Paleta Cromática del Proyecto	51
2.3.6	Tipografía	54
1.1.1	Iconografía	54
2.3.7	Semiótica	59
2.3.8	Packaging	64
2.3.9	Iluminación Fotográfica	67
2.3.9.1	Propiedades Físicas, Métricas y Cualitativas de la Luz	68



2.3.9.2	El Esquema de Iluminación de Tres Puntos (3-Point Lighting)	69
2.3.9.3	La Iluminación como Lenguaje Narrativo, Semiótico y Psicológico	70
2.3.9.4	Claves Tonales: High Key frente a Low Key	70
2.3.9.5	Ángulos de Incidencia Lumínica y su Psicología Perceptiva	70
2.4	Marco Legal/Normativo	71
2.4.1	Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) y el Reglamento de Régimen Académico: El Fomento de Recursos Didácticos Innovadores	72
2.4.2	Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación (Código INGENIOS): Propiedad Intelectual, Software Libre y Excepciones Educativas	72
2.4.3	Protección de los Derechos de Autor sobre la Obra de Diseño y Software Interactiva	73
2.4.4	Promoción del Software Libre y de Código Abierto (Blender)	73
2.4.5	Excepciones y Limitaciones con Fines Educativos (Fair Use en el Ecuador)	73
2.4.6	Ley Orgánica para el Fomento de la Economía Naranja: El Impulso a las Industrias Creativas y Tecnológicas	74
2.4.7	Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPD): Cumplimiento y Seguridad en el Uso de Tecnologías de Realidad Aumentada	74
3	Metodología de Diseño	77
3.4.1	Empatizar	77
3.4.2	Definir	77
3.4.3	Idear	77
3.4.4	Prototipar	77
3.4.5	Evaluar	78
3.1	Investigación de campo	78
3.1.5.1	Ficha Técnica de la Investigación	78
3.1.1	Análisis de Resultados por Eje Estratégico	78



3.1.1.1	Eje 1: Limitaciones de los Recursos Tradicionales y Carga Cognitiva	78
3.1.1.2	Eje 2: Retos del Traspaso Dimensional y Complejidad Técnica	81
3.1.1.3	Eje 3: Preferencias Didácticas de Estudiantes del Área Creativa	82
3.1.2	Conclusión: La Justificación del Proyecto por medio del Diseño	85
3.1.3	Justificación del Diseño Editorial (La Respuesta a la Carga Cognitiva)	85
3.1.4	Justificación de la Realidad Aumentada (El Andamiaje Visual Inmersivo)	85
3.1.5	Síntesis Proyectual: La Guía Híbrida como Solución Cohesionada	86
3.2	Definición del Buyer Persona	86
3.2.1	Arquetipo: Mateo Benítez – “El Diseñador Abrumado por la Teoría”	86
3.2.1.1	Perfil y Biografía	86
3.2.1.2	Objetivos y Metas	86
3.2.1.3	Frustraciones y Puntos de Dolor (Puntos identificados en la Investigación de Campo)	87
3.2.1.4	Relación con la Propuesta Tecnológica y de Diseño	87
3.3	Requerimientos de diseño	89
4	Desarrollo Proyectual (Fase Creativa)	92
4.1	Conceptualización	92
4.1.1	Concepto General	92
4.1.2	Iconografía	92
4.1.3	Paleta cromática	94
4.1.3.1	Matriz Sintética de Codificación Técnico-Semiótica	96
4.1.4	Escenario	97
4.1.5	Estilo tipográfico	99
4.1.6	Conceptualización de personaje	99



4.1.7	Recursos gráficos	100
4.1.8	Triggers para realidad aumentada	100
4.1.9	Diseño editorial	100
4.1.10	Tamaño y formato de los folletos	101
4.1.11	Empaque	101
4.1.12	Capsulas de animación	101
4.2	Proceso de formalización	102
4.2.1	Retícula de diagramación para diseño editorial	102
4.2.2	Diseño Iconográfico	102
4.2.3	Selección Tipográfica	110
4.2.4	Diseño editorial: diseño de folletos	112
4.2.5	Diseño de escenario	116
4.2.6	Diseño de personaje	119
4.2.7	Renders / Triggers para activación de Realidad Aumentada	125
4.2.8	Recursos gráficos: Degradados	127
4.2.9	Packaging	130
4.3	Prototipado	134
4.4	Propuesta de valor	139
4.4.1	Ejes Diferenciales de la Propuesta de Valor	139
4.4.1.1	Sinergia Híbrida e Integración de Realidad Aumentada (Dimensión Tecnológica)	139
4.4.1.2	Transición de lo Físico a lo Digital (Dimensión Pedagógica)	140
4.4.1.3	Codificación Semiótica-Cromática y Diseño de Información (Dimensión de Diseño Gráfico)	140
4.4.1.4	Enfoque de Microaprendizaje contra el Declive Atencional (Dimensión Cognitiva)	140



4.4.2	Declaración de Trascendencia Metodológica	140
4.5	Producción del proyecto y costos	141
4.5.1	Costo de producción proyectual	141
4.5.2	Costo de producción de prototipo de alta fidelidad	142
	Validación y Resultados	144
4.6	Pruebas de usuario	144
4.6.1	Perfil de la Muestra en la Fase de Validación	144
4.6.2	Protocolo de Evaluación del Prototipo	144
4.6.3	Análisis Cuantitativo de la Evaluación	144
4.6.3.1	Interpretación de los Resultados Cuantitativos de la Evaluación	146
4.6.4	Análisis Cualitativo y Retroalimentación Directa	146
4.6.4.1	Fortalezas del Producto Híbrido (Comentarios Favorables)	147
4.6.4.2	Fricciones de Uso y Oportunidades de Mejora (Análisis Crítico)	147
4.6.5	Plan de Optimización e Iteración de Diseño Centrado en el Usuario (El Carácter Iterativo de Design Thinking)	147
4.6.5.1	Ajustes en la Arquitectura de Información y UI (Interfaz de Usuario)	148
4.7	Validación con profesionales	149
4.7.1	Validación de contenidos educativo sobre iluminación	149
4.7.1.1	Perfil Demográfico de los Expertos Validadores	149
4.7.1.2	Análisis Cuantitativo de los Resultados	150
4.7.1.3	Análisis Cualitativo y Retroalimentación Constructiva	152
4.7.1.4	Conclusiones de la Fase de Validación de Contenidos	152
4.7.2	Validación de diseño editorial	153

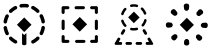


4.7.2.1	Perfil Técnico del Panel Evaluador	153
4.7.2.2	Análisis Cuantitativo de los Criterios Editoriales	154
4.7.2.3	Análisis Cualitativo e Interpretación de Resultados	156
4.7.2.4	Dictamen Final de Validación del Diseño Editorial	158
4.8	Análisis de impacto	158
5	Conclusiones y Recomendaciones	161
5.1	Conclusiones	161
5.2	Sugerencias para la escalabilidad del proyecto	162
6	Referencias Bibliográficas	164

Índice de tablas

Tabla 1_ tecnología de iluminación en softwares 3D	35
Tabla 2_Canal de información principal fuera del aula	79
Tabla 3 Percepción de fatiga visual y declive atencional por formatos tradicionales	80
Tabla 4_Frecuencia de encuentro con material educativo deficiente	81
Tabla 5_Dificultad de interpretación espacial de luminarias basadas en formatos 2D planos	82
Tabla 6_Impacto de los tecnicismos complejos en el flujo de aprendizaje	82
Tabla 7_Método de explicación de mayor asimilación para el comportamiento de la luz	83
Tabla 8_ Preferencias metodológicas basadas en Microlearning	84
Tabla 10_Codificación semiótica de la paleta cromática	96
Tabla 11_justificación del ícono de "Objetivo"	105
Tabla 12_ justificación del ícono de "Reto"	106
Tabla 14_ justificación del ícono de "Escaneo"	107

Tabla 15_ justificación del ícono de "Error"	108
Tabla 16_Costo de producción del proyecto	141
Tabla 17_Costos de producción de prototipo de alta fidelidad	142
Tabla 18_ Consolidado Cuantitativo de la Etapa de Evaluación	145
Tabla 19_ Ficha de Identificación del Panel de Expertos Validadores	150
Tabla 20_ Resultados Cuantitativos de la Validación por Juicio de Expertos	150
Tabla 21_Resultados cuantitativos de la validación técnica del Diseño Editorial por Juicio de Expertos	155



índice de imagenes

Ilustración1_ Mapa de empatía	88
figura 2 Paleta Cromática del Proyecto	97
Ilustración 3 set de Domestika	98
Ilustración 4 set de Crehana 1	98
Ilustración 5 Set de Crehana 2	99
Ilustración 6 Retícula de diagramación Editorial	102
Ilustración 7 Retícula de construcción de íconos	103
Ilustración 8 ícono para representar "objetivo"	105
Ilustración 9 ícono para representar "Reto"	106
Ilustración 10 ícono para representar "Tip"Tabla 13_ justificación del ícono de "Tip"	106
Ilustración 11 ícono para representar "Escaneo"	107
Ilustración 12 ícono para representar "Error"	108
Ilustración 13 Iconografía del proyecto	109
Ilustración 14 Personalización de números	110
Ilustración 15 Ejemplo tipografía THUNDER	111
Ilustración 16 Ejemplo tipografía GRIFT	111
Ilustración 17 Ejemplo tipografía CERTIA	112
Ilustración 18 Machote fuentes de iluminación	112
Ilustración 19 Machote folleto 3 point lighting	113



Ilustración 20 Boceto digital inicial del folleto realizado en Adobe Illustrator	114
Ilustración 21 Previsualización de los bordes con codificación de color	114
Ilustración 22 Primer diseño de las portadas	115
Ilustración 23 Diseño final de contraportada	115
Ilustración 25 Vista general del diseño final: Folleto "PUNTO"	116
Ilustración 26 Bocetos escenario: vista superior y frontal	117
Ilustración 27 Vista general del escenario	118
Ilustración 28 Render de detalle 1, Espacio del sofá	118
Ilustración 29 Render de detalle 2, Vista frontal (fondo fotográfico sin fin)	119
Ilustración 30 Render de detalle 3, Cajonera y detalles decorativos	119
Ilustración 31 Primeros bocetos análogos del personaje	120
Ilustración 32 Model Sheet del personaje en 2D	121
Ilustración 33 Modelsheet para modelado 3D	121
Ilustración 34 Primera versión del Personaje Modelado y Texturizado	122
Ilustración 35 Referencia de tonalidades en el pelaje de un mapache	122
Ilustración 36 Segunda versión del personaje 3D retexturizado	123
Ilustración 37 Personaje con Accesorios	123
Ilustración 38 Modelado y texturizado de Lentes	124
Ilustración 39 Modelado y texturizado del buzo con capucha	125
Ilustración 40 Ejemplo de Render (Spotlight: Angle)	125
Ilustración 41 Ejemplo de Render con personaje	126
Ilustración 42 Ejemplo de Trigger de tipo Diagrama	127
Ilustración 43 Degradado página individual SOL	128
Ilustración 44 Degradado a doble página ÁREA	128
Ilustración 45 Ejemplo de degradado Spotlight	129
Ilustración 46 3point Degradado 1 portadilla interna	129

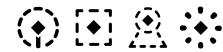


Ilustración 47 3point degradado 2 portadilla interna	130
Ilustración 48 boceto del empaque	131
Ilustración 49 Estructura interna	132
Ilustración 50 estructura interna cerrada	132
Ilustración 51 Tapa y base para el cierre del empaque	133
Ilustración 53 Plano mecánico del empaque con el diseño final	133
Ilustración 54 Prototipo 1 ouche 150 protada	134
Ilustración 55 Prototipo 1 ouche 150 interior 1	135
Ilustración 56 Prototipo 1 couché 150 interior 2	135
Ilustración 57 prototipo 2 portada	136
Ilustración 58 prototipo 2 interior 1	136
Ilustración 59 prototipo 2 interior 2	137
Ilustración 60 prototipo 3 portada	137
Ilustración 61 prototipo 3 interior 1	138
Ilustración 62 prototipo 3 interior 2	138
Ilustración 63 prototipo final interior con degradados	139

1 INTRODUCCIÓN





1 Introducción

1.1 Tema

Diseño y desarrollo de una guía educativa interactiva con realidad aumentada para la enseñanza de iluminación 3D en Blender, orientada a estudiantes universitarios de la carrera de Diseño Gráfico.

1.2 Introducción

En la actualidad, el diseño gráfico ha experimentado una notable evolución gracias a la incorporación de herramientas digitales que permiten la creación de contenidos visuales tridimensionales cada vez más complejos y realistas. Dentro de este contexto, el modelado y renderizado de personajes en 3D se ha consolidado como una de las áreas de mayor relevancia, donde la iluminación desempeña un papel fundamental en la construcción de la atmósfera, el volumen y la percepción visual de los elementos representados.

Sin embargo, a pesar del acceso a software especializado como Blender, se ha identificado que estudiantes de diseño gráfico, presentan dificultades en la comprensión y aplicación de los principios básicos de iluminación en entornos 3D. En especial, el uso adecuado de esquemas de iluminación mediante uno, dos y tres puntos de luz representa un desafío recurrente, lo cual repercute en la calidad visual de sus renders y en su proceso de aprendizaje.

Frente a esta problemática, surge la necesidad de desarrollar recursos educativos innovadores que faciliten la asimilación de estos conocimientos técnicos de manera clara, dinámica e interactiva. En este sentido, la realidad aumentada se presenta como una herramienta tecnológica con alto potencial didáctico, al permitir la visualización de conceptos abstractos en un entorno

más inmersivo y comprensible.

En respuesta a lo anterior, el presente proyecto tiene como objetivo diseñar una guía educativa interactiva que, mediante la aplicación de realidad aumentada, contribuya a la enseñanza de esquemas de iluminación en renders de personajes 3D, específicamente a través del uso de puntos de luz en el software Blender. Esta propuesta está dirigida a estudiantes de diseño gráfico entre 18 y 25 años, con el fin de fortalecer sus competencias en el manejo de iluminación dentro de entornos tridimensionales.

Para el desarrollo de este proyecto se empleó la metodología Design Thinking, la cual permitió estructurar el proceso de diseño en cinco etapas: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar, garantizando un enfoque centrado en las necesidades del usuario. Este enfoque facilitó la creación de una solución pertinente, funcional y alineada con los requerimientos del público objetivo.

Finalmente, el presente documento se organiza en diferentes capítulos que abordan, en primer lugar, el marco teórico y los antecedentes de la investigación; posteriormente, la metodología aplicada; y, por último, el desarrollo y validación de la propuesta de diseño, evidenciando su aporte en el ámbito educativo y del diseño gráfico.

1.3 Antecedentes

1.3.1 La luz como eje fundamental y narrativo en la imagen

En las disciplinas visuales —como el diseño gráfico, la fotografía y la animación 3D— la iluminación trasciende la mera función técnica de visibilidad para convertirse en el eje fundamental de la composición. Sin la luz, la capacidad de captar, reproducir o interpretar cualquier registro visual queda anulada, lo que la posiciona como el cimiento sobre el cual se construye el lenguaje visual. Según Gutiérrez San Miguel (2002), la luz no es solo un fenómeno físico, sino un instrumento expresivo



con lenguaje propio, capaz de modificar las actitudes emocionales del receptor y potenciar el mensaje narrativo de una obra. En este sentido, una comprensión profunda de la iluminación es esencial para “modelar” al sujeto; es decir, para transmitir su volumetría y forma tridimensional completa a través del renderizado, permitiendo que el objeto destaque y cobre vida en el espacio virtual (Biondi, 2026).

1.3.2 Desafíos en la enseñanza y la “ceguera” ante la luz

Tradicionalmente, la enseñanza de la iluminación en las aulas universitarias se ha enfrentado a una dicotomía compleja: el predominio del conocimiento racional y técnico (cálculos de intensidad, decaimiento y magnitudes) sobre el desarrollo de un conocimiento intuitivo y sensible. Este último solo se alcanza mediante la observación constante y la experiencia directa con el espacio físico. Como señalan **Muros-Alcojor y Muñoz-Heras (2017)**, es imperativo que el estudiante aprenda primero a “ver la luz” antes de intentar manipularla, utilizando herramientas como la fotografía para desarrollar un hábito de observación que permita identificar cómo las sombras y los reflejos afectan la percepción del entorno.

Esta carencia pedagógica se manifiesta con frecuencia en el entorno digital. Muchos estudiantes asumen que el renderizado 3D es una tarea puramente computacional, ignorando que la calidad de una imagen depende de principios heredados de las artes visuales clásicas. **Birn (2000)** enfatiza que para lograr un acabado profesional en el CGI (*Computer Generated Imagery*), el artista debe estudiar la pintura y el cine para comprender cómo componer la toma. Sin esta base, los proyectos suelen resultar visualmente “planos”, donde el espectador nota la tecnología y el software antes que la intención comunicativa o la narrativa que se pretendía transmitir.

1.3.3 El papel de la Realidad Aumentada (RA) como puente pedagógico

Frente a la pasividad de los tutoriales convencionales, que a menudo carecen de una interactividad inmersiva, la **Realidad Aumentada (RA)** emerge como una solución disruptiva para la educación superior. Al superponer información virtual sobre un plano real, la RA permite al estudiante visualizar conceptos abstractos de iluminación de manera tangible. Según **Aguirre-Herráez et al. (2020)**, el uso de la RA en el contexto educativo ecuatoriano y regional potencia el aprendizaje significativo, facilitando la reproducción de elementos tridimensionales en dispositivos móviles y eliminando las barreras físicas del aula tradicional.

Esta tecnología permite que el alumno interactúe con esquemas lumínicos complejos y observe los resultados en tiempo real sobre su propio entorno físico. Al reducir el ciclo de “prueba y error” inherente al renderizado tradicional, la RA fomenta una experimentación más libre y consciente. Como se destaca en las metodologías contemporáneas de iluminación para *storytelling*, el objetivo no es solo iluminar un objeto, sino utilizar la luz para guiar el ojo del espectador y contar una historia (**CG Boost, 2026**).

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Planteamiento del Problema

En el ecosistema de la producción visual contemporánea —que abarca la fotografía, el cine y la animación 3D— la **iluminación constituye el cimiento técnico y narrativo fundamental**, ya que la ausencia de luz anula prácticamente la posibilidad de captar, reproducir o mostrar cualquier registro visual (Gutiérrez San Miguel, 2002; Muros-Alcojor & Muñoz-Heras, 2017). Su relevancia trasciende lo puramente estético; la luz actúa como un **instrumento de diseño con lenguaje propio** capaz de “modelar” al sujeto para transmitir su



forma tridimensional completa a través de la imagen renderizada (Birn, 2000; Muros-Alcojor & Muñoz-Heras, 2017). Sin una gestión adecuada de las fuentes de luz, el mensaje visual pierde coherencia y profundidad, fallando en su capacidad de **influir en las emociones y el bienestar del receptor** (Gutiérrez San Miguel, 2002; Muros-Alcojor & Muñoz-Heras, 2017).

Actualmente, el mercado ofrece diversos recursos didácticos para el estudio de la iluminación; no obstante, la gran mayoría están enfocados exclusivamente al ámbito de la fotografía tradicional. Si bien el renderizado 3D fusiona principios de la cinematografía y las artes visuales clásicas, sería un error suponer que la iluminación en software es una mera "computarización" automática de dichas formas de arte (Birn, 2000). El contenido suele presentarse de forma técnica y poco accesible, ignorando que el **conocimiento intuitivo de la luz solo se alcanza mediante la experiencia directa** y la observación constante (Muros-Alcojor & Muñoz-Heras, 2017). Hoy en día, existe una carencia de material editorial interactivo que explique de manera nativa cómo los principios físicos —como la ley inversa del cuadrado o la relación entre el tamaño de la fuente y la dureza de la sombra— se aplican específicamente al flujo de trabajo digital en Blender (Birn, 2000; dzoom, 2015; Luciano Biondi, 2026).

Esta ausencia de recursos especializados dificulta el aprendizaje de los estudiantes, quienes, a pesar de dominar herramientas de modelado, encuentran una **barrera cognitiva al intentar aplicar esquemas de luz efectivos**. Frecuentemente, esto deriva en renders que resultan "planos", poco atractivos o que llaman la atención sobre la tecnología en lugar de comunicar la historia (Birn, 2000; CG Boost, 2026). Además, aunque la **Realidad Aumentada (RA) surge como una solución tecnológica** capaz de enriquecer la información y mejorar la comprensión mediante elementos en 3D, su implementación en la educación superior sigue siendo limitada; investigaciones indican que el **57.1% de los**

docentes no utiliza la RA por falta de conocimiento (Aguirre-Herráez et al., 2020). Esta desconexión entre la tecnología disponible y la pedagogía tradicional perpetúa proyectos académicos con deficiencias visuales que fallan en transmitir su intención narrativa original.

1.4.2 Pregunta de Investigación

¿Cómo diseñar una guía educativa interactiva que utilice la realidad aumentada para simplificar la transferencia de conceptos de iluminación física al flujo de trabajo digital en Blender para estudiantes universitarios?

1.5 Objetivos:



1.5.1 Objetivo General:

Diseñar una guía editorial interactivo que integre realidad aumentada y animación 3D, como dispositivo de mediación didáctica para optimizar la comprensión de esquemas de iluminación en Blender en estudiantes universitarios.



1.5.2 Objetivos específicos:

Analizar referentes de materiales didácticos y recursos interactivos que aborden la enseñanza sobre iluminación en fotográfica y 3D.

Determinar los parámetros técnicos y estéticos (dirección, intensidad, color y tipo de luz) que influyen en la composición visual de un render de personaje en Blender.

Diseñar la estructura editorial de una publicación didáctica orientada a la enseñanza y comprensión de la iluminación.

Desarrollar las animaciones tridimensionales que representen los efectos resultantes de la manipulación de las luces.

Integrar recursos de realidad aumentada en la publicación para generar una experiencia interactiva de aprendizaje utilizando la herramienta "Artivive".



1.6 Justificación:

En la actualidad, el auge de las plataformas digitales y las redes sociales ha intensificado la demanda de piezas gráficas publicitarias de alto impacto visual. En este contexto, herramientas de creación 3D como **Blender** se han vuelto fundamentales para que diseñadores y artistas digitales desarrollen personajes y entornos complejos que respondan a las exigencias del mercado. Dentro de la formación académica en Diseño Gráfico, asignaturas como Modelado y Animación 3D son las encargadas de dotar al estudiante de las competencias necesarias para incursionar en este ámbito profesional.

No obstante, el proceso de **iluminación 3D** —componente crítico del renderizado y la composición final— suele presentar desafíos pedagógicos significativos. Debido a las limitaciones de los calendarios académicos, este tema tiende a abordarse de manera sucinta, resultando en un conocimiento superficial que dificulta la experimentación. Si bien los estudiantes cuentan con nociones previas de iluminación fotográfica, la extrapolación de estos conceptos al entorno digital de Blender no es automática. La falta de tiempo para la práctica guiada genera un vacío en el aprendizaje, lo que afecta directamente la calidad estética y el acabado profesional de los proyectos estudiantiles.

Aunque existe abundante material didáctico sobre iluminación, este se encuentra fragmentado. Por un lado, la literatura técnica de gran volumen puede resultar abrumadora para una consulta rápida; por otro, los tutoriales en plataformas como YouTube suelen enfocarse en soluciones específicas (procedimentales) sin profundizar en los fundamentos teóricos o en el uso técnico preciso de las herramientas, como el impacto del **radio de luz** en la suavidad de las sombras.

Desde la disciplina del Diseño Gráfico, este proyecto propone el desarrollo de una **guía educativa interactiva con Realidad Aumentada (RA)** como material de apoyo

para las cátedras de 3D. Esta propuesta innova al sintetizar conceptos complejos en un formato digerible y visualmente atractivo. La integración de la RA añade un valor diferencial, ya que permite al usuario interactuar con esquemas de iluminación en tiempo real, facilitando la transición del concepto teórico a la aplicación técnica y mejorando la retención del conocimiento.

La relevancia de este proyecto radica en su aporte al fortalecimiento de las competencias digitales de los estudiantes de Diseño Gráfico, permitiéndoles elevar el estándar de sus producciones visuales. Asimismo, se posiciona como un recurso didáctico de vanguardia que contribuye a la innovación de las estrategias de enseñanza del diseño tridimensional en el ámbito universitario.



1.6.1 Relevancia académica

El presente proyecto de tesis posee relevancia académica en la medida en que la carrera de Diseño Gráfico se presenta como una disciplina multifacética. La formación de los diseñadores abarca múltiples campos aplicables al entorno laboral; por lo tanto, al integrar áreas como el diseño editorial, la iconografía, el modelado, la animación 3D y los *motion graphics* (desarrollados en Adobe After Effects), esta investigación se convierte en una manifestación práctica de la competitividad y el dominio técnico dentro de las diversas ramas de la profesión.

1.6.2 Relevancia social

El objetivo general de este proyecto es diseñar y desarrollar una guía educativa dirigida a los estudiantes de la carrera para optimizar su formación en el programa Blender. La naturaleza de esta propuesta radica en la búsqueda de solventar una necesidad pedagógica existente en el aula de clases, abordándola de manera estratégica mediante el diseño de contenidos educativos especializados que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje.

1.6.3 Relevancia profesional

El desarrollo de este proyecto permite demostrar el manejo avanzado de diversas herramientas digitales adquiridas a lo largo de la formación académica. Asimismo, evidencia que el diseño es un instrumento capaz de solucionar problemas de comunicación mediante canales y medios innovadores. Finalmente, se destaca la rigurosidad teórica y metodológica detrás de cada proceso, lo que demuestra que el diseño no es una práctica arbitraria, sino una disciplina sustentada en bases teóricas que respaldan y justifican cada decisión proyectual.

2 MARCO REFERENCIAL





2 Marco Referencial

2.1 Marco Referencial

2.1.1 La iluminación como lenguaje y narrativa visual

La iluminación en el diseño gráfico no debe entenderse como un proceso puramente técnico, sino como un **instrumento comunicativo**. Según Gutiérrez San Miguel (2002), la luz es un elemento expresivo fundamental que define la atmósfera y la intención comunicativa de la narrativa audiovisual. No solo permite la visibilidad del objeto, sino que "modifica las actitudes emocionales del receptor", permitiendo que el diseñador dirija la atención y genere significados simbólicos.

En este sentido, Muros-Alcojor y Muñoz-Heras (2017) sostienen que aprender a "ver" la luz es un proceso de alfabetización visual. La fotografía, integrada con la luz, se convierte en un lenguaje propio donde cada sombra y cada brillo cumplen una función dramática específica. Para un estudiante de diseño, entender la luz implica dominar la capacidad de transformar un espacio tridimensional en una experiencia sensorial con intención narrativa.

2.1.2 Fundamentos técnicos de la iluminación digital

El renderizado en software como Blender hereda y perfecciona los principios de la iluminación cinematográfica clásica. Birn (2000) argumenta que la clave para simular tridimensionalidad en medios bidimensionales radica en el esquema de iluminación de tres puntos, el cual permite definir el volumen y la textura del modelo.

Como detalla Ippolito (2026), este sistema se estructura

de la siguiente manera:

Luz principal (Key Light): Es la fuente primaria que define la exposición y el carácter de las sombras. Establece el "ánimo" de la escena.

Luz de relleno (Fill Light): Ubicada en el lado opuesto a la principal, su función es reducir el contraste y revelar detalles en las áreas de sombra (Biondi, 2026).

Contraluz (Backlight): Situada detrás del sujeto para generar un borde lumínico o *rim light*, esencial para separar al objeto del fondo y otorgar profundidad espacial.

Complementariamente, la calidad de la luz define el realismo del render. De acuerdo con dzoom (2015), la distinción entre luz dura y luz suave depende de la relación de tamaño entre la fuente y el objeto; una comprensión profunda de esta relación permite al diseñador simular desde ambientes naturales nublados hasta iluminaciones dramáticas de estudio.

2.1.3 Realidad Aumentada (RA) en el ámbito pedagógico

La RA se posiciona como una tecnología disruptiva en la educación superior al permitir la superposición de datos digitales sobre el entorno físico del estudiante. A diferencia de la Realidad Virtual, la RA no aísla al usuario, sino que enriquece su realidad actual (Aguirre-Herráez et al., 2020).

En la enseñanza del diseño 3D, la RA facilita la visualización espacial. Al permitir que el estudiante interactúe con esquemas de iluminación virtuales proyectados en su escritorio, se rompe la barrera de la



pantalla plana, fomentando un aprendizaje constructivista basado en la exploración y la curiosidad.

2.2 Estado del arte

2.2.1 Tendencias en la pedagogía de la mirada

Las metodologías de enseñanza contemporáneas han dado un giro desde lo algorítmico hacia lo intuitivo. Muros-Alcojor y Muñoz-Heras (2017) destacan que la fotografía es la mejor herramienta para que el estudiante de arquitectura y diseño desarrolle una "mirada atenta". La tendencia actual es integrar la observación del mundo real con la práctica digital, utilizando la captura fotográfica como referencia directa para la creación de entornos virtuales.

2.2.2 Avances tecnológicos en el renderizado 3D (Blender)

La evolución de Blender, particularmente a partir de la versión 3.0, ha priorizado el flujo de trabajo en tiempo real. Cuaces (2026) señala que el uso de motores como Eevee permite a los artistas visualizar efectos complejos como la oclusión ambiental y los reflejos de espacio de pantalla de manera instantánea.

Tabla 1_ tecnología de iluminacion en softwares 3D

Tecnología	Impacto en el aprendizaje
Motores Real-time	Reducción del ciclo de error-prueba; feedback inmediato.
Iluminación HDRI	Uso de imágenes de alto rango dinámico para realismo global instantáneo.
Shadow Contact	Mejora en la precisión del contacto del objeto con el suelo en tiempo real.

Esta inmediatez tecnológica ha transformado el aprendizaje del renderizado, permitiendo que el estudiante se concentre más en la estética y menos en los tiempos de espera del procesador.

2.2.3 Situación de la RA en la educación superior y el contexto local

A nivel global, aplicaciones como Blippar o Artivive han demostrado que la interactividad aumenta la retención de información. Sin embargo, en el contexto de Ecuador, la implementación sigue siendo incipiente. Según Aguirre-Herráez et al. (2020), existe



una brecha significativa: aunque la tecnología está disponible, el **57.1% de los docentes** admite no utilizarla por desconocimiento técnico. Esta brecha justifica la creación de guías educativas que no solo presenten el contenido, sino que faciliten el acceso tecnológico tanto a estudiantes como a instructores, democratizando el uso de la RA como recurso didáctico.

2.3 Bases teóricas:

2.3.1 Diseño editorial

El diseño editorial y la estructuración de la página no constituyen meros ejercicios decorativos; representan la configuración de un andamiaje cognitivo indispensable para la decodificación de la información técnica. En un proyecto educativo que integra soportes físicos con superposiciones digitales a través de la Realidad Aumentada (RA), la sintaxis espacial de la página determina tanto la legibilidad textual como la viabilidad tecnológica del sistema interactivo.

2.3.1.1 Fundamentos del Diseño Editorial y Ergonomía Cognitiva

El diseño editorial se define como la disciplina del diseño gráfico encargada de la maquetación y composición de publicaciones, cuyo objetivo prioritario es establecer una jerarquía clara que facilite la adquisición de conocimientos (Lupton, 2016). Dentro del contexto pedagógico universitario, la organización de los contenidos visuales y textuales debe responder a principios de ergonomía cognitiva, minimizando la carga cognitiva extrínseca del estudiante para optimizar el procesamiento de la carga cognitiva intrínseca asociada al aprendizaje de herramientas complejas como Blender (Sweller, 1988).

Como señala Tschichold (1928/2003) en su manifiesto sobre la tipografía moderna, la disposición visual de los elementos debe ser despojada de ornamentos superfluos

y estructurarse bajo un criterio de estricta funcionalidad. En este sentido, la articulación del espacio en blanco, la selección tipográfica y la distribución espacial actúan como un filtro que jerarquiza la información técnica. Hochuli (2005) complementa esta visión afirmando que el diseño de lectura óptimo exige una correspondencia simétrica entre la longitud de la línea, el interlineado y el tamaño del cuerpo tipográfico, asegurando una fatiga ocular mínima durante las sesiones de estudio prolongadas.

2.3.1.2 La Retícula como Instrumento de Ordenación Visual

El núcleo estructural de cualquier pieza editorial es la retícula (o grilla). Definida operacionalmente, la retícula es un sistema bidimensional de líneas guía interceptadas que subdividen un plano en campos o zonas de menor tamaño, con el propósito de organizar la información de manera coherente, sistemática y consistente (Müller-Brockmann, 1982/2012).

Para la teoría del diseño de información, la retícula no representa una limitación creativa, sino un recurso metodológico que dota de orden espacial al caos informativo. Al respecto, Müller-Brockmann (1982/2012) sostiene:

A nivel visual, el empleo de una retícula constante genera lo que Samara (2008) denomina un "mapa mental implícito". Este mapa le permite al usuario universitario predecir la ubicación de los elementos recurrentes (como títulos, pies de foto, cuerpos de texto y elementos de llamada a la acción), acelerando la velocidad de navegación del documento y garantizando la coherencia estética a lo largo de los diferentes folletos que componen la guía didáctica.



2.3.1.3 Tipología de Retículas Editoriales y su Funcionalidad

La elección de una retícula depende de la complejidad de los datos, la jerarquía del contenido y la relación dialéctica entre el texto y la imagen. A continuación, se clasifican y analizan los tipos de retículas fundamentales utilizados en la producción editorial contemporánea:

1. Retícula de Manuscrito (o de Bloque)

Es la estructura de diagramación más simple y tradicional. Consiste en un área rectangular única (caja de texto) que ocupa la gran mayoría de la página, delimitada por amplios márgenes perimetrales (Samara, 2008). Su función principal es albergar grandes volúmenes de texto continuo y corrido, como novelas, ensayos o marcos conceptuales extensos. Si bien maximiza el área de lectura continua, presenta una flexibilidad prácticamente nula, lo que dificulta la inserción de imágenes descriptivas o elementos interactivos sin interrumpir abruptamente el flujo de lectura (Ambrose & Harris, 2008).

2. Retícula de Columnas

Esta tipología fragmenta el espacio útil de la página de forma vertical mediante el uso de columnas separadas por espacios constantes denominados medianiles (o calles) (Lupton, 2016). La retícula de columnas proporciona un alto grado de flexibilidad, ya que el texto y las imágenes pueden ocupar una columna individual o abarcar varias de ellas de manera simultánea. Es una herramienta idónea para publicaciones que requieren la coexistencia de diferentes tipos de información, facilitando la inserción de glosarios técnicos o notas al margen alineados de forma paralela al cuerpo de texto principal (Samara, 2008).

3. Retícula Modular

Representa la evolución técnica de la retícula de columnas. Se construye al interceptar columnas verticales con líneas de flujo (horizontales), dando origen a una matriz de celdas cuadradas o rectangulares denominadas módulos (Müller-Brockmann, 1982/2012). Al agrupar estas celdas en áreas más grandes, se crean "zonas espaciales" que pueden destinarse a propósitos específicos.

La retícula modular es la estructura de maquetación más rigurosa y versátil, resultando idónea para guías técnicas, manuales ilustrados y catálogos complejos que exigen una distribución matemática y controlada de textos breves, capturas de pantalla, esquemas tridimensionales e íconos interactivos (Ambrose & Harris, 2008).

4. Retícula Jerárquica

A diferencia de los sistemas geométricos regulares, la retícula jerárquica se diseña de manera orgánica a partir de las necesidades intrínsecas del material visual y de los centros de interés de la información (Samara, 2008). Aunque se basa en una planificación matemática previa de márgenes y alineaciones, la disposición espacial responde directamente a la relevancia de cada objeto, permitiendo un flujo dinámico que se adapta con facilidad a las plataformas multimedia y al diseño de interfaces de usuario (UI/UX). Es común su implementación en folletos promocionales, portadas y páginas de transición donde el impacto emocional y visual supera la rigidez de la lectura formal de textos continuos.

2.3.1.4 Articulación Editorial y Requerimientos de la Realidad Aumentada

En un sistema editorial enriquecido con Realidad Aumentada, la página física no solo cumple una función de soporte cognitivo, sino también una función técnica:



actúa como la imagen marcador o trigger que el algoritmo de la cámara (por ejemplo, mediante plataformas como Artivive) debe rastrear para anclar el contenido virtual en el espacio tridimensional (Aguirre-Herráez et al., 2020).

Para garantizar un reconocimiento de imagen exitoso y evitar interferencias en el flujo de aprendizaje, la retícula debe resolver dos demandas concurrentes:

1. Zona de Contraste y Reconocimiento (Trigger Area): Las ilustraciones destinadas a disparar el contenido virtual en 3D deben ubicarse en zonas espaciales claramente delimitadas por la retícula. Estas áreas requieren suficiente espacio circundante para que el usuario no obstruya accidentalmente el marcador con sus dedos al sostener el dispositivo móvil (Varela et al., 2018).

2. Márgenes de Resguardo e Interfaz: La retícula modular debe contemplar márgenes amplios de resguardo perimetral para aislar los textos explicativos y de llamada a la acción (Call to Action). Esto impide la superposición visual de los elementos físicos con las proyecciones digitales en 3D del dispositivo móvil, preservando la legibilidad e impidiendo la sobrecarga perceptual en el estudiante universitario.

En conclusión, el diseño editorial sistemático fundamentado en la retícula modular constituye la estructura invisible que integra de forma coherente y armoniosa el mundo análogo del folleto de estudio impreso con el entorno virtual del aprendizaje interactivo.

2.3.2 Modelado y Animación 3D

El universo de los gráficos tridimensionales por computadora constituye uno de los pilares de la revolución digital contemporánea, articulando disciplinas que van desde el cine de entretenimiento y el desarrollo

de videojuegos hasta la visualización arquitectónica y el diseño interactivo en realidad aumentada. La creación de mundos virtuales implica emular la física óptica y la biomecánica del entorno real mediante estructuras matemáticas parametrizadas, procesadas por hardware avanzado para generar representaciones de alta fidelidad (Garay, 2024). El éxito de un proyecto tridimensional radica en la comprensión de su flujo de trabajo estructurado, la matemática de sus geometrías, el dominio de la interpolación del movimiento y la simulación física de la luz digital (Birn, 2014).

2.3.2.1 El Pipeline de Producción Tridimensional y su Estructura Industrial

La creación de contenido tridimensional no se limita a una serie de procesos empíricos aislados; se rige por un flujo de trabajo lineal, cíclico y altamente estandarizado denominado *pipeline* de producción, diseñado para optimizar el rendimiento computacional, minimizar errores técnicos y coordinar equipos multidisciplinarios (Tokio New Technology School, 2025). Este flujo se subdivide en tres fases fundamentales.

Fase de Preproducción

La preproducción constituye la etapa de planificación conceptual y narrativa del proyecto. En ella se redacta el guion conceptual y técnico, y se definen las guías visuales mediante el diseño de concepto (*concept art*), que traduce las ideas escritas a ilustraciones bidimensionales de referencia. Posteriormente, se elabora el *storyboard* o guion gráfico y la animática (una versión en video del *storyboard* editada con tiempos de duración y audio preliminar) para establecer el ritmo del montaje y previsualizar la composición temporal antes de iniciar los procesos tridimensionales complejos (Parent, 2012).



Fase de Producción

En esta etapa se construyen físicamente los activos virtuales dentro del entorno informático. Se compone de las siguientes subetapas:

1. **Modelado:** Construcción de la geometría tridimensional empleando mallas poligonales o superficies paramétricas.
2. **Mapeado UV y Texturizado:** Proceso de desplegar la geometría 3D en un plano bidimensional (coordenadas U y V) para proyectar imágenes, colores y texturas sobre la superficie del modelo.
3. **Rigging (Configuración de esqueleto):** Creación de una estructura jerárquica de huesos virtuales (*armature*) y controladores mecánicos instalados dentro del modelo para permitir su deformación y posterior animación.
4. **Animación:** Manipulación de los controladores en una línea de tiempo para dotar de movimiento y expresión biomecánica al modelo.
5. **Iluminación:** Disposición de luminarias digitales y simulación de la incidencia lumínica física sobre las superficies virtuales para generar volumen, profundidad y atmósfera dramática (Birn, 2014).

Fase de Postproducción

Consiste en la refinación de las imágenes o secuencias generadas en la etapa anterior. Comprende el renderizado, que consiste en procesar matemáticamente la escena 3D para convertirla en secuencias de imágenes planas; la composición digital, donde se unifican diferentes elementos (como fondos, personajes y efectos de partículas); y la corrección de color y efectos

de postprocesado para unificar la estética cromática del producto final. En proyectos interactivos de Realidad Aumentada (RA), esta fase incluye la integración de los archivos optimizados dentro de plataformas de despliegue como Artivive o motores de ejecución en tiempo real como Unity (Aguirre-Herráez et al., 2020).

2.3.2.2 Fundamentos Matemáticos y Geométricos del Modelado 3D

El modelado tridimensional es el proceso de estructurar la forma de un objeto virtual mediante la manipulación de geometría computacional. Existen diferentes metodologías de representación de superficies, cada una sustentada en principios matemáticos específicos que determinan su fidelidad visual, su capacidad de deformación y su eficiencia de procesamiento de hardware.

Estructura y Topología de Mallas Poligonales (Polygonal Mesh)

La malla poligonal es la representación geométrica más extendida en la industria de los gráficos por computadora. Consiste en un conjunto de vértices, aristas y caras que definen la forma del objeto poliedro (Akenine-Möller et al., 2018).

Vértice (V): Un punto coordinado unidimensional en el espacio 3D, representado por un vector de coordenadas $\vec{P} = (x, y, z)$.

Arista o Borde (E): Segmento de línea recta que conecta dos vértices contiguos.

Cara (F): Superficie poligonal cerrada delimitada por un conjunto de aristas. En poliedros cerrados y convexos, estas entidades se rigen por la característica fundamental de la fórmula de Euler:



$$V - E + F = 2$$

Tipos de Polígonos y su Comportamiento Técnico

Las caras poligonales se clasifican según el número de vértices que las componen:

Triángulos (*Tris*): Polígonos de tres lados. Representan la unidad geométrica más estable e indeformable, razón por la cual las tarjetas gráficas (GPU) procesan y rasterizan internamente toda geometría en forma de triángulos.

Cuadriláteros (*Quads*): Polígonos de cuatro lados. Son el estándar absoluto para el modelado de producción y animación. Su geometría simétrica facilita el flujo continuo de mallas y evita distorsiones durante los procesos de subdivisión y deformación orgánica.

Polígonos Complejos (*N-Gons*): Caras con cinco o más lados. Deben evitarse de manera rigurosa en modelos destinados a animación o deformación interactiva, ya que los algoritmos de rasterizado automático tienden a dividirlos de forma impredecible, generando artefactos visuales conocidos como *shading pinch* o pellizcos de sombreado.

Topología, Flujo de Loops y Polos

La topología se define como el patrón de distribución y conectividad de los vértices y aristas que componen una malla. Un flujo topológico correcto se caracteriza por la presencia de bucles continuos de aristas (*edge loops*), indispensables para garantizar deformaciones suaves y naturales cuando la geometría es manipulada por un esqueleto digital (Trazos, 2023).

Dentro de la topología geométrica, un "polo" (*pole*)

se define como un vértice común donde convergen tres, cinco o más aristas. Los polos de cinco aristas (polos E) y de tres aristas (polos N) son esenciales para redirigir el flujo de los bucles de aristas en zonas complejas del modelo (como las comisuras de los labios o las articulaciones). Sin embargo, deben ubicarse estratégicamente en áreas planas de baja deformación mecánica para evitar distorsiones de la luz digital durante el cálculo de normales por píxel en el renderizado (CEI, 2024).

2.3.2.3 Técnicas de Modelado: Inorgánico vs. Orgánico

Dependiendo de la naturaleza formal del sujeto, el modelado se divide en dos grandes aproximaciones metodológicas:

Modelado Inorgánico (*Hard Surface*): Orientado a objetos artificiales, mecánicos o arquitectónicos caracterizados por superficies rígidas, bordes biselados, transiciones angulares precisas y ausencia de deformación elástica. Se fundamenta en la manipulación precisa de operaciones booleanas, extrusiones y herramientas de soporte de tensión para mantener la rigidez estructural bajo esquemas de subdivisión (Rhino, 2024).

Modelado Orgánico: Dirigido a la emulación de seres vivos, personajes, vegetación y formas fluidas de la naturaleza. Se caracteriza por curvas complejas y transiciones anatómicas suaves. El modelado orgánico moderno se apoya en procesos de escultura digital y posterior optimización topológica para garantizar la viabilidad funcional del activo (Tokio New Technology School, 2025).



2.3.2.4 3.4. Optimización Geométrica para Entornos Interactivos de Realidad Aumentada

El desarrollo de proyectos interactivos en dispositivos móviles (como la guía educativa con realidad aumentada propuesta en esta tesis) exige un riguroso control del volumen poligonal (*polycount*) y de los recursos de renderizado. Los dispositivos móviles poseen procesadores gráficos y memorias unificadas limitadas, lo que requiere un flujo de trabajo de optimización geométrica estructurado en tres etapas críticas.

Escultura Digital (High Poly)

Proceso intuitivo de modelado que emula el modelado en arcilla física, permitiendo trabajar con mallas de alta densidad poligonal (comúnmente de millones de polígonos). Permite añadir microdetalles anatómicos, arrugas y texturas superficiales directamente sobre el modelo mediante pinceles virtuales. Aunque ideal para la concepción visual, un modelo escultórico es computacionalmente inviable para su procesamiento en tiempo real en dispositivos móviles.

Retopología: Construcción de la Malla Optimizada (Low Poly)

La retopología consiste en redibujar una nueva estructura de malla simplificada e inteligente sobre la superficie del modelo esculpido en alta resolución (Trazos, 2023). Este proceso puede ejecutarse mediante dos aproximaciones:

Retopología Automática: Algoritmos del software (como *QuadriFlow* en Blender) analizan la curvatura y generan una nueva malla de forma automatizada. Aunque rápida, suele carecer de la precisión necesaria en las zonas de articulación dinámica.

Retopología Manual: El diseñador construye de forma precisa cada cuadrilátero, orientando los *edge loops* y los polos a lo largo de las líneas de deformación biomecánica del personaje u objeto. Es el único método que garantiza una deformación fluida y óptima durante la animación, permitiendo reducir el conteo poligonal de millones de polígonos a unos pocos miles (adecuados para dispositivos móviles).

2.3.2.5 Fundamentos Físicos y Mecánicos de la Animación 3D

La animación tridimensional por computadora es el proceso de infundir movimiento y simular vida en objetos geométricos inertes a lo largo del tiempo. Al igual que el modelado, la animación digital se apoya en conceptos de física clásica, biomecánica y matemática aplicada.

El Principio de la Interpolación de Movimiento

En la animación tradicional bidimensional, los animadores principales dibujaban las poses clave (*keyframes*), mientras que un equipo de asistentes completaba las poses intermedias (*inbetweens*). En la animación por computadora, el software actúa como el asistente técnico, calculando matemáticamente las transiciones espaciales e intermedias entre los fotogramas clave definidos por el artista (Parent, 2012).

Curvas de Animación (F-Curves) e Interpolación Spline

Las curvas de animación, conocidas técnicamente en Blender como *F-Curves* (Curvas de Función), representan gráficamente la variación de un atributo del objeto (como la traslación espacial en el eje X o la rotación en el eje Z) en relación con el tiempo de reproducción medido en fotogramas.



El software calcula el movimiento intermedio aplicando funciones de interpolación matemática sobre las coordenadas temporales (CADEMS, 2023):

Interpolación Constante (*Constant*): El valor permanece inalterado hasta el siguiente fotograma clave, produciendo cambios de estado instantáneos (efecto de parpadeo o teletransportación espacial).

Interpolación Lineal (*Linear*): El software calcula una progresión uniforme y constante de velocidad entre los puntos de control, produciendo movimientos mecánicos, robóticos y desprovistos de inercia física.

Interpolación Spline Cúbica (*Bezier/Spline*): Utiliza ecuaciones de curvas cúbicas de Bézier para suavizar el inicio y fin del movimiento, imitando la aceleración y desaceleración del mundo físico gobernado por la fuerza y la inercia. Los controladores o tangentes de las claves permiten al animador alterar la forma de la curva de aceleración, modificando el comportamiento dinámico del movimiento (Animum, 2024).

2.3.2.6 Métodos de Animación Digital

La industria del diseño tridimensional emplea diversos métodos para capturar y estructurar el movimiento:

Animación por Fotogramas Clave (*Keyframe Animation*): El animador define manualmente todos los parámetros del objeto (posición, rotación, escala) en momentos temporales específicos de la línea de tiempo, delegando al motor de interpolación del software el cálculo del movimiento intermedio.

Animación por Esqueleto (*Rigging & Skinning*): Se utiliza para animar personajes y estructuras orgánicas articuladas. Involucra dos componentes técnicos fundamentales:

Estructura Jerárquica de Huesos (*Armature/Bones*): Un esqueleto interno donde cada articulación hereda las transformaciones de sus articulaciones parentales (por ejemplo, el antebrazo es hijo del hombro).

Asignación de Pesos de Influencia (*Skinning/Weight Painting*): Proceso de asociar los vértices de la malla geométrica superficial con los huesos del esqueleto virtual. Cada vértice recibe un factor de peso normalizado entre 0.0 y 1.0, indicando qué porcentaje de traslación espacial del hueso afectará la posición final de dicho vértice (Parent, 2012).

Cinemática Directa (*Forward Kinematics - FK*): El animador debe rotar manualmente cada articulación del esqueleto de manera descendente (del hombro al codo, del codo a la muñeca) para posicionar la extremidad. Es un método óptimo para animar arcos y movimientos de rotación puros, pero dificulta mantener fijos los extremos del modelo en superficies fijas.

Cinemática Inversa (*Inverse Kinematics - IK*): El animador interactúa con un único controlador posicionado al final de la cadena de articulaciones (por ejemplo, la muñeca o el talón del pie), y un algoritmo matemático calcula automáticamente los ángulos de flexión y rotación de todas las articulaciones intermedias (codo, rodilla) de forma ascendente. Es indispensable para garantizar que los pies de un personaje no se deslicen sobre el suelo (*sliding*) al caminar (VIU, 2018).

Captura de Movimiento (*Motion Capture*): Consiste en registrar digitalmente las acciones físicas de un actor real mediante sensores ópticos o inerciales, transfiriendo esos datos espaciales tridimensionales de forma directa a la estructura ósea virtual de un personaje modelado.



2.3.2.7 Los Doce Principios de la Animación de Disney Aplicados al Espacio 3D

Formulados originalmente por los animadores pioneros de Disney, Ollie Johnston y Frank Thomas, en su obra seminal de 1981, los doce principios de la animación constituyen el andamiaje fundamental para dotar de expresividad, carisma e ilusión de vida a los activos tridimensionales (Bloop Animation, 2024). En el modelado y la animación digital, estos principios se aplican y controlan a través de herramientas virtuales específicas.

1. Estirar y Encoger (Squash and Stretch)

Consiste en deformar temporalmente el volumen de un objeto o personaje para reflejar su flexibilidad, velocidad y el impacto de fuerzas físicas de gravedad o choque. La regla fundamental es mantener el volumen proporcional total constante: si un objeto se estira en el eje vertical (Z), debe encogerse proporcionalmente en los ejes horizontales (X, Y) (VIU, 2018). En Blender, esto se controla mediante la escala no uniforme o mediante deformadores de tipo rejilla (*Lattice*).

2. Anticipación (Anticipation)

Movimiento preparatorio de dirección opuesta que precede a la acción principal (por ejemplo, agacharse antes de saltar o llevar el brazo hacia atrás antes de lanzar un objeto). Este principio prepara la mirada del espectador para asimilar el movimiento inminente, reduciendo la carga de procesamiento visual (CEI, 2024).

3. Puesta en Escena (Staging)

Disposición clara, legible e inteligible de los elementos

en pantalla para enfocar de manera unívoca la atención del usuario en la acción principal. En el espacio tridimensional interactivo, la puesta en escena depende directamente del encuadre de la cámara virtual, la iluminación selectiva y la composición del escenario digital para evitar distracciones perceptivas (Birn, 2014).

4. Acción Directa y Pose a Pose (Straight Ahead Action and Pose to Pose)

Acción Directa: El animador genera el movimiento fotograma a fotograma consecutivamente de principio a fin, ideal para simulaciones caóticas de fluidos, fuego o colisiones.

Pose a Pose: El animador define primero las poses clave (*keyframes*), luego los puntos intermedios (*breakdowns*) y finalmente los *inbetweens*. Es el método estructurado preferido en animación 3D, ya que otorga un control absoluto sobre el ritmo, la composición física y la trayectoria del personaje (Animum, 2024).

5. Acción Continuada y Superpuesta (Follow Through and Overlapping Action)

Acción Continuada (Follow Through): Refleja que las partes sueltas, no rígidas, de un cuerpo (pelo, ropa, colas) continúan moviéndose por inercia física incluso después de que el cuerpo principal se ha detenido por completo.

Acción Superpuesta (Overlapping Action): Establece que los diferentes componentes de un personaje no se mueven al mismo tiempo; existe un desfase temporal en el inicio del movimiento de las extremidades que genera fluidez orgánica, rompiendo la rigidez robótica de un modelo digital (Parent, 2012).

6. Entradas Lentas y Salidas Lentas (Slow In and Slow Out)

Describe cómo los cuerpos físicos acumulan velocidad



gradualmente debido a la inercia y la fricción, y cómo disminuyen su velocidad antes de detenerse por completo. En el entorno virtual, este principio se controla y refina mediante la curvatura en "S" en el editor de curvas de interpolación spline (*F-Curves*) (CADEMS, 2023).

7. Arcos (*Arcs*)

Casi todos los movimientos orgánicos y biológicos naturales describen trayectorias en forma de arcos parabólicos u elípticos debido a la estructura de pivote rotacional de las articulaciones del esqueleto humano o animal. Las trayectorias rectilíneas puras se asocian con movimientos mecánicos o artificiales. En Blender, esto se rastrea utilizando herramientas de visualización de trayectorias físicas (*Motion Paths*).

8. Acción Secundaria (*Secondary Action*)

Movimientos menores que se superponen y complementan a la acción principal para añadir realismo, matices emocionales y enriquecer la narrativa visual (por ejemplo, el movimiento sutil de las manos balanceándose mientras un personaje camina o el parpadeo constante de los ojos durante una conversación).

9. Sincronización (*Timing*)

El número de fotogramas destinados a una acción específica determina la percepción de peso, fuerza, escala física y estado de ánimo del sujeto. Una mayor cantidad de fotogramas genera la ilusión de pesadez y movimientos lentos; una menor cantidad de fotogramas proyecta ligereza, agilidad o urgencia (Bloop Animation, 2024).

10. Exageración (*Exaggeration*)

Acentuar los movimientos, gestos y rasgos de manera caricaturesca u expresiva para potenciar el impacto dramático de la escena, sin romper la lógica física intrínseca del universo narrativo definido (VIU, 2018).

11. Dibujo Sólido (*Solid Drawing*)

En animación bidimensional clásica, significaba poseer un dominio tridimensional del espacio sobre el papel. En animación 3D por computadora, se traduce en el principio de equilibrio estructural, distribución correcta de peso, balance anatómico de las poses y mantenimiento constante del volumen de las mallas poligonales deformables (Parent, 2012).

12. Atractivo o Atractivo Visual (*Appeal*)

La cualidad carismática, atractiva e impactante que posee el diseño visual del personaje o del entorno para capturar y mantener la atención estética del espectador. Se asocia directamente con la claridad formal, el contraste de formas geométricas y la expresividad general del modelo (Bloop Animation, 2024).

2.3.2.8 Optimización de Assets 3D para Realidad Aumentada (RA) en Entornos Educativos

El diseño de guías didácticas interactivas con Realidad Aumentada (RA) dirigidas a estudiantes universitarios de Diseño Gráfico presenta desafíos de optimización técnica y pedagógica debido a la fatiga atencional y cognitiva en dispositivos móviles (Sweller, 1988). Para asegurar una tasa de refresco fluida de al menos 30 a 60 fotogramas por segundo (FPS), evitando retardos perceptivos (lag) que generen desinterés o fatiga cognitiva, se requiere una estricta optimización en el empaquetado de datos del activo digital.



Formatos Estándar de Modelos 3D Interactivos

La elección del formato de archivo es crítica para garantizar la compatibilidad multiplataforma y una rápida carga de datos en memoria del dispositivo móvil:

glTF / glB (*Graphics Language Transmission Format*): Considerado de forma unívoca por el Consorcio Khronos como el “JPEG de los gráficos 3D”. Es un formato abierto de alto rendimiento diseñado expresamente para la transferencia eficiente de escenas 3D en tiempo real a través de la web y aplicaciones interactivos móviles. Admite geometrías comprimidas, texturas con empaquetamiento de canales y animaciones complejas en un único archivo binario autocontenido (.glb).

FBX (*Filmbox*): Formato propietario de Autodesk muy extendido para transferir activos entre diferentes suites de creación digital (DCC), pero menos optimizado para ejecución interactiva móvil directa debido a su peso y complejidad estructural.

USDZ (*Universal Scene Description*): Desarrollado por Pixar en colaboración con Apple, optimizado específicamente para despliegues de realidad aumentada nativos en dispositivos con sistema operativo iOS.

2.3.3 Luz Digital y Renderizado 3D

La luz en el entorno digital no constituye un fenómeno físico espontáneo, sino el resultado de un andamiaje matemático-algorítmico diseñado para emular la interacción de los fotones con la materia en un espacio geométrico virtual (Birn, 2014). En el ámbito del diseño gráfico y la creación de contenidos tridimensionales, la comprensión de la luz digital es indispensable, puesto que actúa como el nexo óptico y expresivo fundamental que define la tridimensionalidad, el volumen, la textura y la legibilidad de una escena (Gutiérrez San Miguel, 2002). Sin la incidencia lumínica, los modelos

geométricos creados mediante subdivisión poligonal o lógica matemática paramétrica permanecerían invisibles dentro del espacio de trabajo (*viewport*) del software de creación tridimensional.

2.3.3.1 Fundamentos Teóricos de la Luz Digital y la Emulación Algorítmica

En la física clásica, la luz se comporta de manera dual como onda y como partícula, propagándose en el espacio y experimentando fenómenos de absorción, reflexión, refracción y dispersión al colisionar con superficies materiales (Muros-Alcojor & Muñoz-Heras, 2017). Para replicar este comportamiento en un entorno tridimensional virtual, los motores de renderizado emplean modelos de simulación óptica basados en la transferencia radiante de energía.

La piedra angular de la síntesis de imágenes fotorrealistas es la **Ecuación de Renderizado**, formulada de manera independiente por James Kajiya en 1986. Esta ecuación es un modelo matemático integral que describe la conservación de la energía lumínica en un punto específico de una escena virtual:

$$L_o(\mathbf{x}, \omega_o) = L_e(\mathbf{x}, \omega_o) + \int_{\Omega} f_r(\mathbf{x}, \omega_i, \omega_o) L_i(\mathbf{x}, \omega_i) (\omega_i \cdot \mathbf{n}) d\omega_i$$

Donde:

- $L_o(\mathbf{x}, \omega_o)$ es la radiancia espectral total de salida desde el punto $\mathbf{x}$ en la dirección del observador ω_o .
- $L_e(\mathbf{x}, \omega_o)$ representa la radiancia



emitida directamente por el punto $\mathbf{x}$ en la dirección de salida (en caso de que el objeto sea una fuente de luz o material emisor).

- La integral se evalúa sobre la semiesfera de direcciones entrantes Ω orientada alrededor de la normal de la superficie $\mathbf{n}$.
- $f_r(\mathbf{x}, \omega_i, \omega_o)$ es la Función de Distribución de Reflectancia Bidireccional (BRDF, por sus siglas en inglés), la cual parametriza las propiedades ópticas del material en el punto $\mathbf{x}$, determinando cuánta luz incidente proveniente de la dirección ω_i se refleja hacia la dirección ω_o .
- $L_i(\mathbf{x}, \omega_i)$ es la radiancia entrante al punto $\mathbf{x}$ desde la dirección ω_i .
- $(\omega_i \cdot \mathbf{n})$ representa el término del coseno (Ley del Coseno de Lambert), que escala la energía incidente de acuerdo con el ángulo que forma el rayo de luz respecto a la normal de la superficie.

Para aproximar esta integral hiperdimensional en el espacio virtual, coexisten principalmente dos vertientes metodológicas dentro del software de modelado y animación 3D:

2.3.3.2 Trazado de Caminos (Path Tracing) e Iluminación Global

El *Path Tracing* es una extensión estocástica de la teoría del trazado de rayos (*Ray Tracing*) que simula de manera físicamente precisa la iluminación global (*Global Illumination*) mediante la integración de Monte Carlo (Birn, 2014). Este método calcula no solo la luz directa que incide sobre un objeto, sino también la luz indirecta o rebote secundario (*color bleeding*), donde los fotones digitales rebotan de una superficie a otra transportando información cromática y lumínica. Esto produce transiciones de sombra suaves, oclusión ambiental natural y reflexiones físicamente correctas. En Blender, este enfoque es computado a través de su motor de renderizado físico por defecto, **Cycles**.

2.3.3.3 Rasterización y Renderizado PBR en Tiempo Real

Por el contrario, la rasterización simplifica la geometría tridimensional proyectándola directamente sobre una rejilla de píxeles bidimensionales mediante cálculos de iluminación local. En este modelo, los rebotes de luz indirectos y las sombras suaves no se calculan de forma físicamente interactiva en cada fotograma; en su lugar, se emulan mediante aproximaciones matemáticas de sombreado basados en la física (*Physically Based Rendering* - PBR) y mapas de texturas pre-calculados (Chaos Blog, 2026). El motor de renderizado **Eevee** de Blender utiliza este paradigma, lo que permite una retroalimentación visual instantánea indispensable para el diseño interactivo y la optimización de recursos multimedia.



2.3.3.4 Tipología y Comportamiento Técnico de las Luminarias en Blender

La manipulación del entorno lumínico digital requiere la parametrización de fuentes de luz específicas disponibles en el software (Birn, 2014):

2.3.3.5 A. Punto de Luz (Point Light)

Constituye una fuente de luz omnidireccional infinitesimal localizada en un punto de coordenadas tridimensionales (x, y, z) . Emite fotones virtuales radialmente en todas las direcciones de la esfera espacial. Su intensidad decae de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia recorrida por el rayo de luz, de acuerdo con la **Ley de la Inversa del Cuadrado**:

$$I(d) = \frac{I_0}{d^2}$$

Donde $I(d)$ es la intensidad resultante a una distancia d , e I_0 es la potencia nominal de emisión en vatios (W). Es óptima para emular bombillas, velas o destellos localizados.

2.3.3.6 B. Luz de Área (Area Light)

A diferencia del punto de luz, la luz de área emite energía desde una superficie geométrica bidimensional definida (rectángulo, cuadrado, disco o elipse). Esta característica física simula de manera fidedigna los modificadores de luz reales tales como cajas de luz (*softboxes*) o paneles difusores (Tamron, 2024).

La propiedad más relevante de la luz de área es su capacidad para controlar la calidad de la sombra (luz

dura frente a luz suave). De acuerdo con las leyes ópticas, la transición de las sombras (la anchura de la penumbra) está supeditada al tamaño aparente de la fuente luminosa en relación con el sujeto (dzoom, 2015): una fuente físicamente grande genera transiciones difusas y bordes de sombra degradados, mientras que una fuente pequeña y concentrada define sombras duras y cortantes.

2.3.3.7 C. Foco de Luz (Spotlight)

Emite luz direccional confinada dentro de un volumen cónico. El diseñador puede parametrizar el ángulo de apertura del cono (θ) y la suavidad del desvanecimiento en los bordes ópticos del haz de luz (*blend*). Es una herramienta expresiva de acento teatral y dirección narrativa, idónea para guiar la atención focalizada del espectador hacia elementos icónicos precisos dentro de la composición tridimensional.

2.3.3.8 D. Sol (Sun Light)

Emite rayos de luz perfectamente paralelos en una dirección vectorial única, simulando una fuente luminosa localizada a una distancia infinita de la escena (emulación de la luz solar natural). En consecuencia, las coordenadas de posición del objeto de luz dentro de la escena son irrelevantes; el factor determinante es la rotación angular del vector de dirección. Además, la luz de sol no sufre atenuación por distancia en el espacio tridimensional virtual, manteniendo una iluminancia constante a lo largo de toda la escena.

2.3.3.9 Requerimientos Especiales de Sombra en Eevee: Contact Shadows

Debido a la naturaleza de la rasterización del motor Eevee, en ocasiones los objetos virtuales que descansan sobre



superficies planas parecen “flotar” debido a la falta de cálculos de oclusión en puntos de contacto físico muy estrechos. Para corregir este defecto visual sin recurrir al pesado costo de procesamiento de Cycles, se debe activar el algoritmo de **Sombras de Contacto (Contact Shadows)**. Este parámetro realiza un trazado de rayos en espacio de pantalla (*screen-space ray tracing*) a microescala para generar sombras precisas de alta frecuencia en las uniones de las mallas (como la base de los pies de un personaje o la base de una botella), garantizando el anclaje físico y visual del modelo en el espacio tridimensional virtual.

2.3.4 Cromática

El estudio del color dentro del diseño gráfico trasciende la mera categorización estética o la ornamentación superficial del plano visual. El color constituye un sistema codificado de comunicación, un fenómeno fisicoquímico y un potente estímulo neurofisiológico capaz de estructurar la experiencia cognitiva del usuario. En el contexto del diseño de información y las interfaces educativas tridimensionales, la correcta articulación cromática funciona como un andamiaje cognitivo que optimiza la carga mental, jerarquiza la información y orienta los procesos de atención sostenida y focalizada. A continuación, se desglosan las bases conceptuales que sustentan el uso del color desde la física de la luz, la teoría cromática clásica e interactiva, y la psicología y semiótica aplicadas.

Fundamentos de la Cromática: La Naturaleza de la Luz y la Percepción

La cromática, entendida como el estudio científico de los colores y su medición, encuentra su origen ontológico en la física de la luz. Históricamente, Isaac Newton en su tratado *Opticks* (1704) demostró que el color no es una cualidad intrínseca de los objetos, sino un fenómeno derivado de la descomposición de la luz blanca al atravesar un prisma cristalino. Este experimento reveló

el espectro visible, una banda continua de radiación electromagnética que oscila aproximadamente entre los 380 y los 750 nanómetros de longitud de onda.

Desde una perspectiva fisiológica, la percepción del color ocurre cuando estas longitudes de onda inciden sobre la retina del ojo humano, activando los fotorreceptores denominados conos (sensibles a las longitudes de onda cortas, medias y largas, asociadas al azul, verde y rojo, respectivamente). Como señalan Goldstein y Cacciamani (2020), la experiencia cromática es una reconstrucción cerebral mediada por el sistema nervioso central, lo que implica que el color posee una naturaleza dual: es un fenómeno físico objetivo en términos de radiación lumínica y una experiencia perceptiva subjetiva a nivel sensorial.

En el ámbito del diseño gráfico y la síntesis digital, esta naturaleza física y sensorial se clasifica en dos modelos de mezcla cromática fundamentales:

Mezcla Aditiva (Colores Luz)

Propia de los dispositivos que emiten luz directa (monitores, proyectores, pantallas móviles y entornos de renderizado digital como Blender). Su modelo de representación es el RGB (Rojo, Verde y Azul). La superposición total de estos tres estímulos primarios produce luz blanca pura. Esta síntesis es de vital importancia para la iluminación en entornos tridimensionales, dado que emula el comportamiento de la radiación lumínica del entorno real mediante algoritmos de trazado de rayos (*ray-tracing*).

Mezcla Sustractiva (Colores Pigmento)

Asociada a los soportes físicos que absorben y reflejan longitudes de onda de la luz ambiental (impresión editorial, pintura y embalajes). Se rige por los modelos tradicionales RYB (Rojo, Amarillo y Azul) o el modelo industrial estandarizado CMYK (Cian, Magenta, Amarillo y Negro). En este modelo, la superposición



de los pigmentos absorbe la luz incidente, tendiendo teóricamente hacia el negro o la ausencia de reflexión lumínica.

2.3.4.1 Teoría del Color: Estructuración, Contrastes e Interacción

La teoría del color comprende el conjunto de reglas y directrices que rigen la creación de armonías, combinaciones e interacciones cromáticas visualmente coherentes. Para comprender la articulación del color en interfaces visuales, es necesario recurrir a los modelos de ordenamiento espacial y de interacción perceptiva definidos por los teóricos clásicos de la Bauhaus y el diseño moderno.

Las Dimensiones del Color y el Sólido de Munsell

Para catalogar de manera unívoca el color, se adoptan los tres atributos dimensionales sistematizados por el pintor y científico Albert Munsell a principios del siglo XX, modelo que define el espacio de color en tres ejes coordinados (Munsell, 1912):

1. Matiz o Tono (Hue): Es la cualidad que define el estado cromático puro del color (la longitud de onda dominante), permitiendo diferenciar el rojo del azul o del amarillo.

2. Saturación o Croma (Chroma): Refiere al grado de pureza o intensidad de un color. Un color con máxima saturación se encuentra exento de grises o pigmentos neutros, mientras que una saturación nula reduce el matiz a la escala de grises.

3. Valor o Luminosidad (Value/Lightness): Indica la claridad u oscuridad del color en relación con una escala que va desde el blanco absoluto hasta el negro absoluto.

La Interacción del Color de Josef Albers

Un aporte fundamental para el diseño de interf

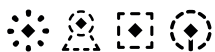
aces es el concepto de la relatividad del color postulado por Josef Albers. En su obra seminal *Interaction of Color*, Albers (1963/2013) sostiene que el color nunca se percibe de forma aislada, sino en constante interdependencia con su entorno cromático inmediato:

Este fenómeno de contraste simultáneo exige que el diseñador gráfico evalúe la paleta cromática no solo de forma individual, sino como una estructura sistémica donde los elementos interactúan entre sí, alterando el peso visual, la legibilidad tipográfica y la profundidad ilusoria de la composición.

2.3. Los Siete Contrastes de Johannes Itten

Para estructurar la jerarquía visual y la tensión formal en una pieza gráfica, Johannes Itten (1961/1975) identificó siete contrastes cromáticos fundamentales que operan en la percepción del ojo humano. Estos contrastes son herramientas indispensables para guiar la mirada del usuario en entornos complejos de información:

- Contraste del color en sí mismo: Yuxtaposición de colores puros y saturados.
- Contraste claro-oscuro: Oposición de diferentes valores de luminosidad.
- Contraste cálido-frío: Polaridad térmica basada en la asociación psicológica de los colores (azul-verde como frío; rojo-amarillo como cálido).
- Contraste complementario: Uso de colores opuestos en el círculo cromático, lo que genera la máxima vibración y dinamismo visual.
- Contraste simultáneo: Fenómeno fisiológico donde el ojo exige el complementario de un color visualizado, alterando los tonos circundantes.
- Contraste cualitativo: Oposición entre colores saturados/luminosos y colores desaturados/



apagados.

- Contraste cuantitativo: Proporciones de tamaño y área que ocupan los diferentes colores para equilibrar su fuerza de brillo intrínseca.

2.3.5 Psicología del color

La evidencia científica y teórica demuestra que el color trasciende su función puramente estética o formal en el diseño, constituyéndose como un vehículo denso en significación y profundamente condicionado por factores sociohistóricos, culturales y cognitivos (Heller, 2004). En su obra fundamental *Psicología del color*, la socióloga y psicóloga Eva Heller sostiene que la relación entre los colores y nuestros sentimientos no es accidental, sino que se fundamenta en experiencias comunes arraigadas en el lenguaje y el pensamiento histórico. Esta dimensión semántica y afectiva posiciona al color como una herramienta estratégica de la comunicación visual, donde cada longitud de onda del espectro cromático actúa como un signo cargado de significados polarizados —tanto de connotación positiva como negativa—, cuya decodificación definitiva dependerá de forma unívoca del contexto discursivo y de su aplicación práctica en la composición del mensaje gráfico.

2.3.5.1 Epistemología del Color: La Perspectiva Sociológica de Eva Heller

Para comprender el impacto del color en la percepción humana, es indispensable diferenciar el enfoque físico-óptico del enfoque psicológico y sociológico. Mientras que la física clásica, heredera de Isaac Newton, define el color como un fenómeno puramente refractivo de la luz visible, la psicología del color aborda el fenómeno como un constructo mental cargado de intención semántica (Sanz, 1993). Es en este último ámbito

donde la investigación de Eva Heller (2004) adquiere un valor paradigmático, al despojar el estudio del color de misticismos esotéricos e intuiciones empíricas no corroboradas, reemplazándolos por un análisis cuantitativo y cualitativo de corte sociológico.

Heller (2004) postula que el efecto del color no está determinado por el gusto personal, sino por un entendimiento común globalizado y por asociaciones inconscientes que se estructuran desde la infancia. Estas asociaciones no son universales en términos biológicos estrictos, pero sí poseen una asombrosa estabilidad a través de la cultura occidental debido a su arraigo en dos dimensiones complementarias:

La dimensión lingüística: El lenguaje diario codifica la realidad visual a través de metáforas cromáticas ("verde de envidia", "sentirse azul", "números rojos"). Estas construcciones lingüísticas no son casuales; actúan como sedimentos culturales que perpetúan y estandarizan la relación entre una tonalidad y un estado mental o moral determinado (Heller, 2004).

La dimensión empírica de la naturaleza: La psicología humana asocia los colores con experiencias primarias e inmutables del entorno físico. El azul se vincula indisolublemente con la inmensidad del cielo y el agua; el amarillo con la calidez y presencia del sol; y el negro con la oscuridad de la noche, el peligro latente y el vacío (Heller, 2004; Sanz, 1993).

Este andamiaje asociativo determina que el receptor no reaccione de forma pasiva a la estimulación lumínica. Por el contrario, el color desencadena un proceso de semiosis activa donde el estímulo sensorial se traduce de manera inmediata en un juicio emocional o racional.

2.3.5.2 El Principio del Contexto y los "Acordes Cromáticos"



Uno de los aportes más significativos de Heller (2004) a la teoría del diseño es el principio del contexto cromático y la definición de los acordes de color (*Farbackorde*). De acuerdo con la autora, ningún color se presenta aislado en el espacio de la percepción; siempre interactúa con los tonos adyacentes y con la función del soporte en el que se inscribe. Por lo tanto, un color aislado carece de un significado unívoco. Su semántica se activa únicamente al entrar en relación sistémica con otros colores.

Heller (2004) acuña el término *acorde cromático* para describir aquellas combinaciones de colores que se asocian con un efecto o sentimiento particular. Al igual que en la música un acorde se compone de varias notas armónicamente organizadas para producir un tono específico (alegre, melancólico, tenso), en el diseño visual un acorde cromático agrupa diversas tonalidades para consolidar una atmósfera conceptual coherente. Por ejemplo:

- **El acorde de la tecnología y la frialdad:** Compuesto por la interacción del azul, el gris y el blanco, donde se anula la vibración térmica en favor de la racionalidad instrumental.
- **El acorde de la energía y la acción:** Configurado por el rojo, el naranja y el amarillo, que estimulan la atención activa y aceleran los procesos cognitivos del espectador.

Esta teoría de los acordes es de vital importancia para el diseño de información y las interfaces digitales. Un diseñador gráfico no debe seleccionar colores de forma atomizada o meramente decorativa; debe orquestar sistemas de contraste y armonía que operen como un andamiaje cognitivo, facilitando u orientando la navegación y asimilación de la información visual por parte del usuario (Lidwell et al., 2010).

2.3.5.3 El Color como Mecanismo Funcional y Reductor de la Carga Cognitiva

En entornos de aprendizaje digital o interactivo (como aplicaciones multimedia, realidad aumentada o manuales educativos), la psicología del color deja de ser una opción ornamental para convertirse en un factor de usabilidad y ergonomía cognitiva (Lidwell et al., 2010). Cuando un estudiante se enfrenta a conceptos de alta complejidad técnica, su memoria de trabajo corre el riesgo de saturarse debido a la sobrecarga de estímulos textuales e icónicos (Sweller, 2011).

El color interviene en este proceso como un **código de categorización visual**. Al asignar un color específico y consistente a cada concepto o herramienta dentro de un flujo instructivo, se genera un fenómeno de codificación que permite al estudiante asociar instantáneamente la tonalidad con una función o propiedad técnica. Esta codificación cromática sistemática reduce la carga cognitiva intrínseca, ya que el cerebro del usuario no requiere decodificar reiteradamente la etiqueta de texto; le basta reconocer la señal cromática para categorizar y procesar la información de forma fluida y automática (Sweller, 2011).

2.3.5.4 Análisis Psicológico y Funcional de la Paleta Cromática del Proyecto

A continuación, se desglosan las connotaciones psicológicas (bajo la teoría de Eva Heller) y el rol semiótico funcional de las tonalidades clave implementadas en el sistema de información visual del producto de este proyecto de investigación:

I. Azul / Cian (Asociado a la Luz de Enfoque / *Spotlight*)
Perspectiva de Heller (2004): El azul es calificado



universalmente como el color preferido de la mayoría de la población. Se asocia de manera intrínseca con cualidades intelectuales, la ciencia, la precisión, la infinitud y la calma espiritual. Es un color que carece de agresividad y evoca confianza.

Aplicación Funcional en el Proyecto: Al utilizar el azul/cian para representar la luz focalizada o de enfoque (*Spotlight*), se aprovecha su naturaleza asociada a la precisión y el intelecto. Funciona como un inductor visual que indica concentración de luz en un punto específico, transmitiendo orden técnico y sofisticación sin saturar la atención del alumno.

II. Rojo / Magenta (Asociado a la Luz de Área / *Area Light*)

Perspectiva de Heller (2004): El rojo simboliza la pasión, la energía, el dinamismo y la fuerza física. Es el color con mayor impacto térmico y psicológico en el espectador, capaz de alterar la frecuencia cardíaca y demandar atención inmediata. El magenta, al ser un color que no existe físicamente en el espectro visible puro (requiere la mezcla artificial de ondas), añade una connotación de modernidad, artificialidad controlada y alta expresividad.

Aplicación Funcional en el Proyecto: El magenta se emplea para delimitar la luz de área (*Area Light*), cuya superficie de emisión amplia y controlada requiere una fuerte presencia cromática en la interfaz. Su alta vibración y naturaleza expresiva atraen la mirada del usuario de manera focalizada sobre los planos geométricos que emiten luz en el entorno 3D.

III. Amarillo (Asociado a la Luz de Sol / *Sun Light*)

Perspectiva de Heller (2004): El amarillo es el color de la luz solar, el entendimiento, el optimismo y la iluminación mental. No obstante, por su gran visibilidad física, es también el color de la advertencia y de las señales de atención en entornos complejos.

Aplicación Funcional en el Proyecto: Representar el sol (*Sun*) mediante el amarillo constituye una analogía natural y directa que facilita el aprendizaje inmediato. Psicológicamente, introduce una sensación de claridad cognitiva, energía vital y calidez, operando como el punto de anclaje de iluminación global en el viewport.

IV. Verde (Asociado al Punto de Luz / *Point Light*)

Perspectiva de Heller (2004): El verde representa la naturaleza, la salud, la esperanza y lo que es correcto o está en funcionamiento seguro. Es el color del equilibrio, al situarse físicamente en el centro del espectro cromático entre las tonalidades frías y cálidas.

Aplicación Funcional en el Proyecto: Para el punto de luz (*Point Light*), que emite luz omnidireccional y actúa como la bombilla tradicional del entorno virtual, el verde aporta una codificación de seguridad, estabilidad y neutralidad. Funciona como un atractor de baja fatiga visual que el estudiante identifica como un elemento básico de iluminación omnipresente en el espacio 3D.

V. Blanco (Asociado a los Textos e Información)

Perspectiva de Heller (2004): El blanco es el color de la pureza, la verdad, el inicio de las cosas y el vacío reflexivo. Es el color que contiene todas las luces combinadas bajo el principio de la síntesis aditiva.

Aplicación Funcional en el Proyecto: Destinado a la información textual, el blanco proporciona el contraste lumínico máximo frente a fondos oscuros, garantizando una alta legibilidad del contenido pedagógico y reduciendo la fatiga atencional del estudiante en pantallas móviles (Lidwell et al., 2010).

VI. Negro (Asociado al Entorno y Fondos de la Guía)

Perspectiva de Heller (2004): El negro representa el misterio, la noche, la elegancia, la seriedad y el poder absoluto. En términos de diseño contemporáneo, denota



profesionalismo, sofisticación técnica y neutralidad espacial.

Aplicación Funcional en el Proyecto: Al utilizarse como el fondo del soporte o interfaz de la guía interactiva, el negro minimiza el deslumbramiento de las pantallas táctiles y simula un entorno de estudio o cine profesional. Esto permite que los colores activos (cian, magenta, amarillo y verde) destaquen exponencialmente, emulando la física de un cuarto oscuro fotográfico indispensable para comprender el volumen y la incidencia de la luz.



2.3.6 Tipografía

La tipografía es un componente esencial en el diseño gráfico y comunicacional, ya que es un el puente por el cual se ve representado y codificado el mensaje que va a ser recibido por el usuario.

La tipografía no solo cumple la función de darle forma a las palabras escritas para que puedan ser leídas, si no, que también el estilo y forma de la fuente tipográfica lleva una carga de significación que puede causar un cambio en la percepción del mensaje, otorgándole una "voz" y "personalidad" adicional al texto representado.

Estilos tipográficos:

Dentro del mundo de la tipografía existen varios estilos de representación, cada uno con sus características propias, como por ejemplo las tipografías Sans-Serif o de palo seco, Serif o serifadas, Script o manuscritas, etc.

Las tipografías Sans Serif están caracterizados por sus formas geométricas y remates limpios, comúnmente cuentan con un trazo uniforme.

Las tipografías Serifadas tienen como rasgos comunes las serifas, o remates en los extremos de sus trazos. También pueden contar con diferencia de contraste entre sus trazos.

Psicología de la tipografía

Los diferentes estilos tipográficos pueden comunican de diferente manera por la percepción y carga de significado propias de cada una que están relacionadas a su forma, lo que es una herramienta que ayuda a reforzar mensajes y percepciones de acuerdo con la necesidad del producto o proyecto al que son aplicados. Las tipografías de estilo Sans-Serif por ejemplo al estar formadas por formas limpias y sin remates, comunican modernidad, mientras que, por el contrario, las Serif al

estar principalmente caracterizadas por contraste entre sus trazos y los remates en las terminaciones de la letra, o serifas, evocan y comunican tradición o elegancia.

1.1.1 Iconografía

1. Definición Conceptual y Evolución Epistemológica de la Iconografía

En el ámbito metodológico contemporáneo, es imperativo establecer una demarcación analítica entre la iconografía y la iconología, dos dimensiones complementarias pero jerárquicamente diferenciadas del análisis visual.

La iconografía se concentra en la identificación empírica de los motivos visuales, su descripción anatómico-formal y su clasificación temática de acuerdo con códigos literarios o convencionales preexistentes. Su tarea es descriptiva y de primer orden: responde a la pregunta de qué se representa y cómo se asocian esos elementos en un esquema de representación específico.

Por su parte, la iconología —cuyo sufijo -logos evoca el discurso, la razón o la interpretación científica profunda— busca desvelar el significado intrínseco o sustancial de la obra. Su propósito es hermenéutico y de segundo orden: investiga las razones subyacentes de la elección temática, analizando la imagen como un síntoma cultural de una época, una mentalidad colectiva o una cosmovisión filosófica e histórica particular. Mientras la iconografía clasifica y describe el signo visual, la iconología interpreta su función simbólica y su inserción en el entramado ideológico de la sociedad en la que fue concebido.

2. El Método Iconográfico-Iconológico de Erwin Panofsky

El andamiaje metodológico más influyente y riguroso para abordar la interpretación de las imágenes fue formulado por el historiador del arte Erwin Panofsky (2017) en su



obra fundamental Estudios sobre iconología. Panofsky propuso un modelo tripartito que permite transitar de manera sistemática desde la percepción sensible de las formas visuales hasta la comprensión intelectual de sus significados históricos más profundos. Este método se estructura en tres niveles analíticos interconectados.

2.1. Nivel Pre-iconográfico (Significado Primario o Natural)

Este nivel se basa en la percepción sensorial directa del espectador y aborda el universo de las formas puras. Su objeto de estudio son las configuraciones de líneas, colores, volúmenes y texturas que constituyen representaciones de objetos físicos (personas, animales, plantas, edificios) o expresiones psicofísicas (gestos, posturas, dinamismo).

Equipamiento requerido: El bagaje de experiencia práctica del observador, es decir, su familiaridad con el mundo objetivo y cotidiano.

Corrección del análisis: Se rige por la historia del estilo, que analiza la manera en que, bajo diferentes condiciones históricas, los objetos y situaciones han sido expresados formalmente.

Nivel Iconográfico (Significado Secundario o Convencional)

Este nivel introduce el conocimiento cultural y la asociación simbólica activa. Aquí, el observador vincula las formas puras identificadas en el primer nivel con conceptos, temas, personajes, historias o alegorías preestablecidas por la tradición literaria o artística. Por ejemplo, la representación de una figura masculina sosteniendo una balanza y una espada ya no es percibida meramente como un "hombre con objetos" (nivel pre-iconográfico), sino que es decodificada convencionalmente como la personificación de la "Justicia".

Equipamiento requerido: El conocimiento de fuentes textuales, literarias, teológicas, mitológicas o científicas específicas, además de la familiaridad con los temas e ideas históricas del periodo en cuestión.

Corrección del análisis: Se apoya en la historia de los tipos iconográficos, que examina cómo temas específicos han sido representados visualmente a través de fórmulas gráficas estables a lo largo del tiempo.

2.3. Nivel Iconológico (Significado Intrínseco o Contenido)

Constituye la fase de síntesis hermenéutica profunda. En este estrato, el investigador analiza la obra visual como un síntoma de una cultura, revelando los principios básicos que subyacen a la actitud de una nación, una época, una clase social o una corriente de pensamiento. Este nivel busca capturar el sentido histórico involuntario que el creador deposita en su obra, descifrando la cosmovisión implícita que unifica la producción visual con el resto de las manifestaciones culturales de su tiempo.

Equipamiento requerido: La intuición sintética del investigador, condicionada por una profunda comprensión de la historia cultural, social y mental del contexto de producción.

Corrección del análisis: Se fundamenta en la historia de los síntomas culturales en general, la cual vigila que la interpretación sea coherente con la constelación de saberes, valores y filosofías de la época bajo estudio.

3. Convergencia Semiótica: El Signo Icónico y su Codificación

Para aplicar de manera efectiva la teoría iconográfica al diseño contemporáneo, es indispensable articularla con los desarrollos de la semiótica de la imagen. La semiótica provee las herramientas analíticas para comprender cómo las formas visuales operan como sistemas de comunicación dinámicos y estructurados.



3.1. La Tricotomía del Signo según Charles Sanders Peirce

El filósofo norteamericano Charles Sanders Peirce propuso un modelo triádico del signo constituido por la interacción indivisible de tres componentes: el Representamen (el estímulo sensible o forma material del signo), el Objeto (la porción de la realidad o concepto al que alude el representamen) y el Interpretante (el efecto mental o traducción cognitiva que el signo genera en el receptor) (Peirce, 1987).

A partir de la relación que el Representamen establece con su Objeto, Peirce formuló su célebre segunda tricotomía del signo:

Ícono: El signo se vincula con su objeto en virtud de una relación de semejanza intrínseca o analogía formal. Comparte propiedades estructurales, espaciales o figurativas con aquello que representa (e.g., una fotografía, un mapa o la ilustración detallada de una luminaria).

Índice: El signo mantiene una conexión existencial, física o causal de carácter directo con su objeto. No se basa en la semejanza, sino en la huella o el rastro material (e.g., el humo como índice de fuego, o una sombra proyectada en un software 3D como índice de la presencia y dirección de una fuente de luz).

Símbolo: El signo se asocia a su objeto a través de una convención social puramente arbitraria, un código institucionalizado o un acuerdo cultural implícito. No existe semejanza ni conexión física directa; su decodificación requiere del aprendizaje previo del código por parte del usuario (e.g., las letras de un alfabeto, los colores de un semáforo o las interfaces abstractas de un sistema operativo).

3.2. La Crítica de Umberto Eco a la "Semejanza Natural" del Ícono

En su obra cumbre *La estructura ausente*, el semiólogo italiano Umberto Eco (1999) desmitificó la supuesta "naturalidad" u obviedad interpretativa del signo icónico. Eco argumentó que el ícono no reproduce las propiedades del objeto real, sino que reproduce únicamente algunas de las condiciones de percepción de ese objeto, las cuales son posteriormente seleccionadas y transcritas mediante códigos gráficos altamente convencionales y aprendidos socialmente.

Según Eco (1999), incluso la representación visual que aparenta ser puramente figurativa y analógica se encuentra regulada por códigos de reconocimiento y códigos de representación. Una cultura aprende a interpretar ciertas combinaciones de líneas y contrastes cromáticos como equivalentes de objetos tridimensionales. Por lo tanto, el aparente "isomorfismo" (igualdad de forma) entre el ícono y el objeto es, en realidad, un constructo semiótico mediado por la cultura.

Esta perspectiva es fundamental para el diseño gráfico, pues demuestra que la efectividad comunicativa de una imagen sintetizada no reside en su mimesis exacta de la realidad física, sino en su adecuación a los esquemas mentales y convenciones perceptivas previamente adquiridos por el usuario (Eco, 1999).

4. La Síntesis de la Forma: Abstracción y Reducción Cognitiva

En el diseño de información, la iconografía contemporánea no opera bajo los códigos ornamentales de la pintura clásica, sino bajo las leyes de la síntesis de la forma. La síntesis se define como el proceso metodológico de abstracción y simplificación geométrica mediante el cual se eliminan los detalles accesorios, texturales, cromáticos u orgánicos de un objeto real para retener únicamente sus rasgos estructurales esenciales. Este proceso busca maximizar la inteligibilidad del signo visual y optimizar la velocidad de su decodificación cognitiva (Lupton y Phillips, 2016).



4.1. El Proceso de Abstracción y la Escala de Iconicidad

La abstracción visual es una operación mental y gráfica que despoja progresivamente al objeto de su complejidad representativa hasta reducirlo a sus componentes geométricos elementales. El nivel de semejanza que una imagen guarda con su referente real se mide mediante la escala de iconicidad, propuesta originalmente por teóricos como Abraham Moles (1973) y Justo Villafañe (1985).

Esta escala es un continuo que abarca desde el grado más alto de iconicidad (la presencia física del objeto tridimensional en el espacio real, $SI = 11\$$) hasta el grado más bajo de abstracción (la palabra escrita o la ecuación formal que describe el objeto, $SI = 1\$$). El diseñador gráfico manipula deliberadamente su posición en esta escala dependiendo del propósito pedagógico o de la función interactiva del proyecto:

Al diseñar un sistema de interfaces o una guía educativa interactiva, una iconicidad excesivamente alta (e.g., fotografías saturadas de detalles realistas) puede generar "ruido visual" y elevar la fatiga atencional del estudiante. Por el contrario, un grado óptimo de síntesis (como un pictograma en grado 5 o 6) destila la esencia morfológica del objeto, permitiendo que la atención se focalice de manera inmediata en la función conceptual o técnica del signo (Moles, 1973).

4.2. Principios de la Gestalt Aplicados a la Síntesis Icónica

La efectividad perceptiva de un icono sintetizado descansa sobre las leyes formuladas por la Psicología de la Gestalt, la cual postula que la mente humana posee una tendencia innata a organizar y unificar los estímulos visuales en configuraciones coherentes ("el todo es diferente de la suma de sus partes"). Los principios más relevantes para la síntesis formal son:

Principio de Pragnanz (Pregnancia o Buena Forma):

La mente tiende a percibir e interpretar las formas complejas de la manera más simple, regular, simétrica y estable posible. Un icono altamente pregnante es aquel estructurado sobre figuras geométricas primarias (círculos, cuadrados, triángulos), facilitando su memorización y reconocimiento instantáneo.

Principio de Cierre (Ley de Clausura): La percepción humana posee la capacidad de completar y rellenar mentalmente los vacíos de una forma incompleta o abierta. En el diseño de iconos, la ley de cierre permite sugerir siluetas complejas utilizando contornos discontinuos o planos vectoriales fragmentados, lo que otorga dinamismo estético y ligereza estructural al signo.

Relación Figura-Fondo: Postula que cualquier campo visual se divide en un elemento protagónico y nítido (la figura) que se recorta sobre un entorno difuso y secundario (el fondo). En la síntesis icónica, se debe establecer un contraste absoluto de luminancia o contorno entre la figura y el fondo para evitar la ambigüedad perceptiva, especialmente en visualizaciones a pequeña escala.

5. Aplicación Proyectual: La Iconografía en el Diseño de Interfaces (UI) e Interacciones Digitales (RA)

La confluencia teórica entre la iconografía, la semiótica visual y la síntesis de la forma encuentra su máxima justificación pragmática en el desarrollo de productos interactivos contemporáneos, tales como interfaces de usuario (UI), sistemas de diseño y tecnologías inmersivas de Realidad Aumentada (RA).

5.1. El Icono como Andamiaje Cognitivo en la UI y la Pedagogía

En el contexto del diseño editorial digital y de las interfaces de software de aprendizaje (como guías interactivas orientadas a la enseñanza de suites tridimensionales complejas como Blender), el icono sintetizado ejerce la función de andamiaje cognitivo. Según la teoría del diseño centrado en el usuario, los



iconos de interfaz deben funcionar de forma intuitiva, minimizando la carga cognitiva a través del principio heurístico de "consistencia y estándares" (Nielsen, 1994).

Por ejemplo, al conceptualizar las diferentes fuentes de luz digital en Blender, el diseñador no puede depender de explicaciones textuales extensas para orientar al alumno en su área de trabajo (viewport). En su lugar, el diseño debe proyectar una taxonomía iconográfica consistente que sintetice de manera analógica cada luminaria física real:

Luz de Área (Area Light): Se representa a través de la síntesis de un softbox o un plano emisor rectangular, empleando líneas limpias que comuniquen la noción de emisión proyectada direccional.

Spotlight: Se abstrae mediante la morfología cónica clásica de una lámpara de estudio focalizada, utilizando la convergencia de líneas angulares para denotar el límite físico de la proyección de luz.

Punto de Luz (Point Light): Se codifica a través de un núcleo circular central rodeado de radios lineales simétricos que representan la emisión lumínica omnidireccional en el espacio tridimensional.

Este conjunto iconográfico actúa como un sistema de signos unificado. La consistencia en el grosor de línea, los radios de curvatura, la paleta cromática de alta saturación y el grado de abstracción visual permiten que el estudiante reconozca de inmediato el funcionamiento y comportamiento físico de la luz digital sin necesidad de recurrir a la lectura reiterativa de manuales de texto tradicionales (Frascara, 2004).

5.2. Diseño de Triggers de Realidad Aumentada: Requerimientos Técnicos y Estéticos

Un aspecto de especial relevancia en las tesis de diseño que integran Realidad Aumentada (e.g., mediante

plataformas como Artivive) es que las imágenes impresas en el papel, diseñadas para actuar como marcadores (triggers), no solo deben ser estéticamente atractivas y semánticamente claras para el ojo humano; también deben poseer una configuración morfológica optimizada para los algoritmos de visión por computadora que ejecutan el rastreo y reconocimiento espacial.

Los motores de visión computacional operan detectando puntos de interés o características de alto contraste en la imagen. Una composición visual que adolezca de contraste formal o que presente transiciones tonales excesivamente suaves (como gradientes difusos o formas orgánicas poco definidas) provocará el fallo algorítmico y la inestabilidad en la proyección tridimensional de la RA.

Para asegurar la viabilidad técnica y el cumplimiento de las metas proyectuales, la síntesis formal aplicada al diseño de los triggers debe cumplir con los siguientes parámetros físico-geométricos:

Alto Contraste y Variación de Luminancia: Se debe preferir una composición cromática de alto rango tonal (como el uso de fondos oscuros de bajo contraste y formas vectoriales principales en colores vibrantes o cian y magenta de alta saturación), facilitando que la cámara identifique los bordes y límites de la figura (Tschichold, 2003).

Complejidad Estructural Controlada: La imagen marcador debe contar con un número adecuado de "esquinas" geométricas, ángulos definidos e intersecciones nítidas, las cuales actúan como coordenadas de anclaje estables para el software de realidad aumentada. Las figuras geométricas limpias surgidas del proceso de síntesis son ideales para este propósito.

Asimetría y Orientación Espacial: Es crucial evitar la simetría perfecta en todas las direcciones dentro del trigger. Si un marcador es idéntico al girarse 180° o 90°



el algoritmo experimentará problemas de orientación y oscilaciones severas en la pantalla del smartphone del usuario. La introducción de elementos asimétricos sutiles, pero de gran contraste dentro del icono de la guía garantiza un anclaje bidimensional firme y una experiencia interactiva fluida.

En conclusión, la síntesis de la forma en el diseño de interfaces e interacciones digitales contemporáneas es el punto de convergencia exacto donde el rigor semiótico-iconográfico del lenguaje visual se alinea armónicamente con las restricciones de la computación espacial, transformando cada signo visual en un puente intuitivo que estimula el aprendizaje de manera interactiva y duradera.

2.3.7 Semiótica

La semiótica es la disciplina que se encarga del estudio de los signos y de como los humanos generamos, comunicamos e interpretamos el significado de los elementos que nos rodean en la sociedad.

Esta disciplina no está limitada al lenguaje verbal, si no, que se extiende al estudio del significado en todo lo que rodea al ser humano, como pueden ser imágenes, colores, símbolos, gestos, etc.

Dentro de esta disciplina existen dos corrientes fuertes, la diédrica de Ferdinand de Saussure, y la Triádica de S. Pierce.

El estudio de la semiótica, aplicada al terreno del diseño gráfico, permite justificar decisiones del uso de elementos gráficos y visuales por su valor y carga de significado, y no por el mero valor estético de estos. A su vez el uso brinda la capacidad de que el diseñador otorgue al usuario

Los Modelos Fundacionales: La Tensión entre la Estructura y el Proceso

El desarrollo histórico de la teoría semiótica se ha articulado en torno a dos matrices epistemológicas fundamentales que definen de modo divergente la naturaleza del signo: la tradición lingüística diádica de matriz europea, inaugurada por Ferdinand de Saussure, y el modelo pragmático-lógico triádico de raíz anglosajona, desarrollado por Charles Sanders Peirce.

El Modelo Diádico de Ferdinand de Saussure

Desde la perspectiva estructuralista ginebrina, Saussure (1916/2013) concibe el signo lingüístico como una entidad psíquica de dos caras, caracterizada por la indisoluble interrelación de dos componentes:

El Significante: La dimensión material, sensible o el estímulo acústico/visual percibido por los sentidos.

- **El Significado:** La representación mental, el concepto abstracto o la idea evocada en el intelecto a partir del significante.

Saussure (1916/2013) postula que la relación entre el significante y el significado está regida por el principio de la *arbitrariedad del signo*, donde no existe un vínculo natural, intrínseco u ontológico que ligue a ambos componentes, sino un pacto social, arbitrario y puramente convencional. En el diseño de interfaces gráficas de usuario, este principio es crucial: gran parte de las convenciones visuales que facilitan la navegabilidad digital (como un icono de tres líneas horizontales para denotar un menú desplegable) son constructos culturales arbitrarios que requieren un proceso de alfabetización visual previo por parte del usuario para que se consolide el lazo asociativo:



$$\text{Signo} = \frac{\text{Significante (Dimensión material/Gráfica)}}{\text{Significado (Concepto/Función)}}$$

Asimismo, la escuela saussureana describe que el valor de cada elemento del sistema de signos se establece relacionamente por oposición a los otros mediante dos ejes de organización: el *eje sintagmático* (relaciones de coexistencia y ordenamiento lineal y espacial dentro del plano compositivo o interfaz) y el *eje paradigmático* (la selección de elementos individuales que el diseñador extrae de un sistema codificado de opciones posibles, como paletas de color o variables tipográficas) (Barthes, 1964/2003).

El Modelo Triádico de Charles Sanders Peirce

A diferencia del binarismo saussureano, Charles Sanders Peirce (1931-1958) propone una perspectiva lógico-pragmática donde la realidad y el pensamiento se estructuran de manera triádica. Para Peirce, la semiosis es un proceso dinámico, infinito e ininterrumpido que involucra la interpenetración de tres categorías fundamentales:

1. **El Representamen (Signo):** La cualidad material o conceptual que actúa como el estímulo inicial, representando a un objeto ante alguien bajo algún aspecto o capacidad.
2. **El Objeto:** La porción de la realidad física, mental o ideal a la que el representamen alude y que preexiste al acto semiótico singular.

3. **El Interpretante:** No es el usuario físico que decodifica el signo, sino la idea o el efecto mental cognitivo que el signo genera en el intelecto del observador al conectar el representamen con el objeto. El interpretante actúa como un nuevo signo que traduce y expande la significación del primero.

Este modelo triádico resulta sumamente fértil para el diseño de material didáctico interactivo, puesto que conceptualiza el aprendizaje como un proceso de traducción cognitiva constante. Cuando un estudiante observa un elemento gráfico en una guía interactiva en Realidad Aumentada (Representamen), su mente activa una regla interpretativa (Interpretante) que le permite comprender el funcionamiento de una propiedad técnica de un motor de render 3D (Objeto), integrando progresivamente este concepto en su estructura cognitiva (andamiaje cognitivo).

Para operativizar el análisis de las imágenes, Peirce clasifica el signo según su relación pragmática y ontológica con el objeto en tres tipologías icónicas e indispensables para el diseño visual:

- **El Ícono:** Aquel signo que se refiere a su objeto en virtud de una semejanza analógica o estructural con este, compartiendo rasgos de forma, proporción, color o comportamiento (por ejemplo, el dibujo simplificado de una bombilla para representar una luminaria digital en la interfaz de Blender).
- **El Índice (o Señal):** El signo que mantiene una conexión física, fáctica, causal o de causa-efecto de carácter existencial con su objeto (por ejemplo, el humo como índice del fuego, o en el contexto tridimensional, una sombra proyectada y difuminada).



como índice existencial e inequívoco de la dirección, cercanía y tamaño aparente de una fuente de luz).

o el look cinematográfico tridimensional derivado de un contraste lumínico marcado).

- **El Símbolo:** Aquel signo que representa a su objeto puramente por una convención, ley, hábito o acuerdo social implícito o explícito, careciendo de relación de semejanza física o nexo físico directo (por ejemplo, las palabras escritas de una tipografía, o la asignación de colores codificados como el cian, magenta, amarillo y verde para identificar de manera estandarizada los tipos de luces virtuales dentro de la interfaz).

Semiótica Visual Contemporánea y Procesos de Interpretación de la Imagen

La aplicación de la semiótica al campo de la comunicación visual contemporánea y el diseño didáctico se enriquece gracias a los aportes de las corrientes de la semiótica de la imagen y la crítica del iconismo.

Roland Barthes: Retórica de la Imagen, Denotación, Connotación y Anclaje

Roland Barthes (1964/1986) traslada las herramientas analíticas de la semiótica estructuralista al estudio de la imagen publicitaria y artística, descomponiendo la significación visual en capas superpuestas de sentido:

El Mensaje Denotativo (Imagen Literal): Corresponde al nivel literal o físico del signo visual. Es la lectura objetiva y puramente perceptiva de las formas y colores presentes en la imagen (por ejemplo, un rectángulo de luz con degradados grises sobre fondo negro).

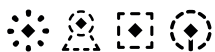
1. **El Mensaje Connotativo (Imagen Cultural o Retórica):** Corresponde a los significados secundarios, ideológicos, simbólicos e históricos que el receptor asocia a las formas físicas en función de su bagaje cultural, social y personal (por ejemplo, la sensación de misterio, intimidad,

Debido a que la imagen es inherentemente polisémica y abierta a múltiples lecturas subjetivas que pueden entorpecer el proceso didáctico, Barthes (1964/1986) introduce dos conceptos operativos esenciales para guiar la lectura visual del usuario a través de la mediación textual:

2. **El Anclaje (*ancrage*):** Función comunicativa de control en la cual el texto lingüístico limita la polisemia de la imagen, guiando activamente la mirada y el intelecto del lector hacia un significado predeterminado por el emisor. En una guía interactiva de Blender, el uso de etiquetas textuales precisas actúa como un anclaje semiótico crucial para evitar que el estudiante malinterprete la representación abstracta de un haz de luz digital.
3. **El Relevo (*relais*):** Relación de complementariedad recíproca entre la imagen y el texto, donde ambos elementos se integran dinámicamente para construir un mensaje global complejo que ninguno podría enunciar de forma aislada. Este mecanismo es fundamental en las interfaces de Realidad Aumentada, donde el modelo 3D dinámico superpuesto y las instrucciones escritas o auditivas del folleto físico se complementan interactivamente para potenciar la asimilación conceptual.

Umberto Eco: La Crítica del Iconismo y la Síntesis de Forma

En su obra fundamental *La estructura ausente*, Umberto Eco (1968/1999) realiza una crítica aguda y deconstruye el concepto ingenuo del iconismo, rechazando la asunción de que las imágenes icónicas copian la realidad de manera natural y transparente. Eco demuestra que



los signos visuales son en verdad constructos culturales codificados de carácter convencional, gobernados por *reglas de reconocimiento* compartidas dentro de una semiosfera particular.

Según Eco, el diseñador no copia el objeto real, sino que selecciona e instrumentaliza ciertos "rasgos mínimos pertinentes" de la percepción común para construir un artificio gráfico que permita al usuario identificar el objeto con facilidad. A este proceso de abstracción formal encaminado a simplificar un estímulo gráfico, reteniendo exclusivamente los atributos esenciales que preservan la identidad semántica y funcional del referente, se le denomina en el diseño gráfico como **síntesis de forma** o síntesis formal (Eco, 1968/1999).

La síntesis de forma es decisiva al diseñar guías didácticas que integran tecnologías de Realidad Aumentada (RA). Desde el punto de vista del usuario, los iconos y marcadores didácticos de alta síntesis reducen de manera drástica la sobrecarga cognitiva, facilitando un procesamiento perceptivo instantáneo. Desde una perspectiva tecnológica, las imágenes con un alto nivel de síntesis y con un contraste estructural idóneo actúan como *triggers* o disparadores ópticos estables para los algoritmos de visión artificial de dispositivos móviles (como en el software Artivive), impidiendo aberraciones algorítmicas o fallos mecánicos de lectura por parte de las cámaras de los teléfonos móviles de los estudiantes.

Semiótica de las Interfaces y Ecología de los Medios Interactivos

En el escenario contemporáneo de las tecnologías educativas móviles, la semiótica evoluciona desde un análisis centrado en objetos textuales cerrados hacia la modelación de los flujos dinámicos de interacción del usuario con las interfaces computacionales.

Carlos Scolari: La Semiótica de las Interfaces y el Diseño de Interacción

Carlos Scolari (2018) reelabora los fundamentos de la semiótica de la imagen para fundar una semiología centrada en el diseño de interacción, definiendo la interfaz no simplemente como un límite de cristal líquido o un soporte físico de hardware, sino como un **espacio de traducción cognitiva**, interacción social y construcción activa de sentido entre los seres humanos y las tecnologías digitales.

Bajo esta perspectiva, Scolari (2018) describe el proceso de navegación como una conversación dialéctica y semiótica donde el usuario lee, interpreta y actúa físicamente en respuesta a los signos dinámicos proyectados en pantalla (botones, gestos táctiles, flujos de navegación, mapas conceptuales tridimensionales). Una interfaz bien diseñada, por lo tanto, debe construirse sobre una sólida arquitectura semiótica basada en los principios de "visibilidad del sistema" y "consistencia interactiva" (Norman, 2013), garantizando que las *affordances* físicas e interactivas de las pantallas móviles (deslizar, hacer zoom, rotar) correspondan unívocamente con las metas cognitivas de los estudiantes de diseño

Yuri Lotman y la Semiosfera Educativa Interactiva

Para contextualizar holísticamente la integración de estas herramientas en el ecosistema pedagógico universitario de la carrera de Diseño Gráfico, resulta pertinente recurrir al concepto de **semiosfera** acuñado por el teórico Yuri Lotman (1996). Lotman define la semiosfera como el espacio semiótico abstracto, dinámico y delimitado que resulta indispensable para la existencia, generación y el funcionamiento de cualquier sistema de comunicación humana; fuera de este territorio de sentido, es imposible que se suscite un acto de significación inteligible.

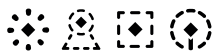
En este marco, la combinación sistémica entre la guía editorial impresa, los entornos virtuales de Blender y la superposición multimedia en tiempo real mediada por la aplicación de Realidad Aumentada, no operan como componentes desarticulados, sino como una *micro-*



semiosfera interactiva de aprendizaje autorregulada. Las fronteras de esta semiosfera didáctica actúan como zonas activas de traducción e intercambio semiótico continuo, donde los estudiantes traducen de manera empírica conceptos tridimensionales complejos en saberes expresivos asimilados y operativos para sus proyectos profesionales.

Síntesis Operativa Aplicada al Diseño de la Guía Interactiva

Dimensión Semiótica	Componente Teórico	Aplicación Proyectual en la Guía de Iluminación 3D
Modelo Triádico de Peirce	Tricotomía del Signo (Ícono, Índice, Símbolo)	* Íconos: Representación analógica de focos y paneles de luz virtual (Blender). * Índices: Proyección de sombras y transiciones cromáticas para visualizar la temperatura lumínica en Kelvin (°K). * Símbolos: Codificación de colores funcionales estandarizados (cian, magenta, amarillo, verde) para la identificación táctil y visual de las luminarias de Blender.
Retórica de la Imagen de Barthes	Mecanismos de Anclaje y Relevó	* Anclaje: El uso del texto escrito en la guía didáctica para fijar la lectura del modelo 3D interactivo en realidad aumentada y evitar distorsiones cognitivas. * Relevó: La retroalimentación simbiótica mutua entre el objeto tridimensional animado (RA) y la infografía física editorial de la página impresa.
Crítica de Iconismo de Eco	Síntesis de Forma y Códigos Convencionales	* Abstracción de formas complejas en iconos mínimos pertinentes para agilizar la decodificación visual y potenciar la legibilidad óptica algorítmica de los marcadores (triggers) en la cámara del móvil.



Semiótica de Interfaces de Scolari	La Interfaz como Espacio de Mediación	* Optimización del diseño instruccional de la interfaz móvil de Realidad Aumentada para reducir la sobrecarga cognitiva del usuario mediante interacciones intuitivas (affordances).
Teoría de la Semiosfera de Lotman	Delimitación y Espacios de Traducción	* Configuración de la guía impresa y la plataforma de RA como un sistema integrado que traduce la abstracción matemática del renderizado 3D a un lenguaje visual interactivo comprensible para diseñadores en formación.

2.3.8 Packaging

El diseño de envases y embalajes, conceptualizado de manera universal en la teoría del diseño y la mercadotecnia bajo el término anglosajón de *packaging*, constituye un sistema sociotécnico complejo y uno de los pilares determinantes de la economía global contemporánea. Lejos de ser considerado un mero contenedor pasivo o un envoltorio accesorio de carácter técnico, el *packaging* se erige en la actualidad como un dispositivo híbrido y dinámico de comunicación visual, interacción ergonómica, protección física y estrategia comercial (Ambrose & Harris, 2011).

Desde una perspectiva ontológica, el envase no puede disociarse del producto que contiene; por el contrario, conforma con este una unidad simbiótica en la cual el contenedor define, comunica y otorga significado al contenido. Al respecto, Klimchuk y Krasovec (2012) afirman que el packaging es la manifestación tangible de la promesa de una marca, actuando como el principal punto de contacto físico entre el productor y el consumidor final.

La relevancia de esta disciplina se ve reflejada en su dimensión macroeconómica. De acuerdo con datos analíticos del sector, el mercado global de empaques se valoró en 532.65 mil millones de dólares estadounidenses en el año 2023, y se proyecta que mantenga un crecimiento sostenido hasta alcanzar los 726.37 mil millones de dólares para el año 2032, registrando una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 3.5% (Smithers, 2023). Este dinamismo financiero no solo responde al incremento del comercio electrónico y la globalización de las cadenas de suministro, sino también a la evolución de las exigencias del consumidor en términos de interactividad, sostenibilidad y usabilidad, obligando a los diseñadores y teóricos a estudiar el empaque desde un enfoque epistemológico riguroso y multidimensional.



Funciones Tridimensionales y Multidimensionales del Packaging

Para la sistematización teórica del packaging, la literatura científica coincide en clasificar sus funciones en tres dimensiones esenciales e interrelacionadas: la dimensión estructural (física/logística), la dimensión comunicativa (semiótica/mercadológica) y la dimensión de usabilidad (ergonómica/interactiva) (Calver, 2004; Klimchuk & Krasovec, 2012).

Dimensión Física, Estructural y Logística

Esta dimensión abarca los requerimientos de la ingeniería del empaque para garantizar la integridad material del producto a lo largo de la cadena de suministro, desde la fábrica hasta el desecho final por parte del consumidor.

Contención, protección y barrera

El envase debe aislar al producto de agentes fisicoquímicos externos nocivos como la radiación ultravioleta, el oxígeno, la humedad, los cambios térmicos y los contaminantes biológicos (morgánulos, bacterias). La selección de materiales (polímeros de alta densidad, vidrios borosilicatados, metales con recubrimientos epóxicos o cartones multicapa) se realiza con base en la termodinámica y la química de la conservación (Robertson, 2013). Asimismo, estructuralmente debe resistir los esfuerzos mecánicos de compresión, flexión, impacto y vibración que ocurren durante el transporte.

Niveles del sistema de empaque

Desde el punto de vista logístico, el *packaging* se organiza en una estructura jerárquica de tres niveles:

1. **Empaque Primario:** Es el contenedor que se encuentra en contacto directo e inmediato con el producto (v.g., la botella que contiene un líquido, el blíster que resguarda un comprimido farmacéutico). Su función crítica es físico-química y de preservación.

2. **Empaque Secundario:** Agrupa uno o varios empaques primarios con el fin de facilitar su manipulación, exhibición y protección en el punto de venta (v.g., la caja de cartón que contiene un tubo de pasta dental o un *six-pack* de bebidas). Posee una alta carga de diseño visual y de comunicación de marca.
3. **Empaque Terciario (Embalaje):** Agrupa empaques primarios o secundarios para facilitar su transporte masivo, almacenamiento y distribución a gran escala (v.g., tarimas, palés, cajas de cartón corrugado corrugadas de gran volumen y películas estirables). Su diseño está estrictamente estandarizado por normativas internacionales de transporte (como las normas ISO y ASTM).

Dimensión Comunicativa, Semiótica y de Mercadotecnia

En el entorno competitivo del comercio minorista, el envase actúa como la interfaz gráfica que media entre la identidad de la marca y la psicología del receptor. Su propósito principal es capturar la atención selectiva del consumidor y desencadenar el proceso de compra.

El "vendedor silencioso" y la toma de decisiones en el punto de venta

El concepto clásico de Pilditch (1973) cobra una relevancia científica mayúscula cuando se contrasta con estudios contemporáneos de neurociencia del consumidor. Diversas investigaciones empíricas demuestran que el consumidor promedio toma una decisión de compra en un lapso crítico de entre 3 y 7 segundos en el anaquel, fenómeno denominado por la corporación Procter & Gamble como el "Primer Momento de la Verdad" (*First Moment of Truth* o FMOT) (Lofgren, 2005). En este intervalo de tiempo infinitesimal, el sistema cognitivo del consumidor no realiza una evaluación analítica racional, sino un procesamiento perceptual rápido de carácter



predominantemente visual y heurístico.

Semiótica del empaque

El *packaging* funciona como un sistema de significación triádico bajo la perspectiva semiótica de Charles Sanders Peirce (así como en las adaptaciones metodológicas de Umberto Eco y Roland Barthes). El envase en sí mismo constituye un **representamen** (estímulo visual y háptico) que alude a un **objeto** (el producto, sus cualidades organolépticas o el estatus de la marca) y genera un **interpretante** (el constructo mental de calidad, frescura, sofisticación o economía en la psique del consumidor).

- **La iconografía y los índices:** Las imágenes del producto (v.g., la representación de frutas frescas en un envase de jugo) actúan como íconos que comunican de manera analógica el sabor, mientras que las texturas mate o los acabados metalizados funcionan como índices de exclusividad o tecnología (Barthes, 1977).
- **La codificación tipográfica y la jerarquía de la información:** La tipografía no solo transmite información lingüística declarativa (ingredientes, valores nutricionales, instrucciones de uso), sino que posee una dimensión psicológica y expresiva. Las tipografías de palo seco (*sans-serif*) transmiten modernidad, limpieza y funcionalidad técnica, idóneas para productos de cuidado personal o tecnología, mientras que las fuentes con remates (*serif*) evocan tradición, herencia e idoneidad académica, frecuentemente utilizadas en productos alimenticios *gourmet* o de lujo (Lupton, 2016). La disposición espacial de estos bloques de texto en las caras del envase debe obedecer a una estricta jerarquía visual que guíe el recorrido ocular del usuario, minimizando la carga cognitiva (Klimchuk & Krasovec, 2012).

Psicología del color aplicada al packaging

El color es el elemento gráfico con mayor capacidad para evocar respuestas psicofisiológicas inmediatas, debido a su procesamiento por el sistema visual subcortical antes de la decodificación racional de formas y textos (Heller, 2004). En la teoría del diseño de empaques, la selección cromática se rige por códigos culturales y semánticos precisos:

Blanco: Asociado universalmente con la pureza, la honestidad, el minimalismo y la asepsia médica. Es el color base fundamental para la transmisión de claridad de la información y limpieza del diseño de interfaces (Heller, 2004).

Negro: Evoca elegancia, misterio, exclusividad, prestigio y sofisticación de alta gama. Utilizado de manera predominante en empaques de lujo o productos de categorías *premium* para denotar un valor percibido elevado.

Cromáticas vibrantes (Cian, Magenta, Amarillo, Verde): Utilizados sistemáticamente para la categorización y codificación visual de variaciones de producto dentro de una misma línea (andamiaje cognitivo). Por ejemplo, el verde suele indexar naturalidad, frescura u origen orgánico; el amarillo denota energía, optimismo y llama rápidamente la atención periférica; el magenta y el cian representan innovaciones técnicas, artificialidad controlada y alta vibrancia (Heller, 2004).

Dimensión Ergonómica, Usabilidad y Experiencia del Usuario (UX)

El éxito de un diseño de *packaging* no culmina con la compra; se extiende a toda la interacción física que el usuario mantiene con el objeto durante su uso y disposición final. Esta dimensión se sustenta en los principios del Diseño Centrado en el Usuario (*User-Centered Design*) descritos por Norman (2013).

Antropometría y Ergonomía Física: El envase debe



ser diseñado considerando las dimensiones físicas, alcances y limitaciones de la mano humana. Aspectos como el diámetro de agarre (*grip*) de una botella, la textura superficial para evitar el deslizamiento físico (fricción) y la fuerza de torque requerida para abrir una tapa rosca son parámetros de ingeniería que deben validarse para garantizar que niños, adultos mayores o personas con capacidades motrices diversas puedan interactuar con el producto sin experimentar frustración o dolor (Pheasant & Haslegrave, 2018).

Usabilidad y Affordances (Significantes): El envase debe comunicar de forma intuitiva su propio funcionamiento. Un diseño exitoso incorpora *affordances* claros que indiquen dónde presionar, por dónde rasgar, hacia dónde girar o cómo dosificar el producto sin necesidad de leer extensas instrucciones de uso. La ausencia de estos significantes de usabilidad genera lo que Norman (2013) cataloga como "errores de diseño", induciendo a aperturas incorrectas que dañan la integridad del producto o generan derrames accidentales.

El Ritual de Unboxing: En el marco de la economía de la experiencia, el desempaque (*unboxing*) se ha convertido en una estrategia de comunicación de marca crucial. La secuencia de apertura, la resistencia controlada de las solapas de una caja de cartón, la superposición de capas de papel de seda, la presencia de aromas específicos y la organización interna de los componentes generan una experiencia multisensorial (háptica, visual, olfativa) que incrementa exponencialmente el valor percibido del producto y la fidelidad hacia la marca (Lindstrom, 2010).

2.3.9 Iluminación Fotográfica

El dominio de la iluminación en el plano de la representación visual —ya sea en la fotografía analógica, el cine o la computación gráfica tridimensional— no puede limitarse a la simple asimilación de comandos técnicos o a la manipulación empírica de luminarias. Como señalan Muros-Alcojor y Muñoz-Heras (2017), el

verdadero control del entorno visual exige una instrucción epistemológica orientada a «aprender a ver la luz»; es decir, a sistematizar de forma consciente los efectos perceptivos, físicos y espaciales que esta produce sobre la materia antes de intentar su captura o representación formal.

La cognición humana se encuentra sujeta a procesos de normalización cerebral inconsciente que dificultan la observación objetiva de la luz en el espacio cotidiano. Entre estos procesos destaca la adaptación retiniana y la constancia de la luminosidad, fenómenos de acomodación perceptual mediante los cuales el sistema visual tiende a percibir la claridad de los objetos de manera uniforme a pesar de las fluctuaciones drásticas en la intensidad de la luz ambiental (Hunter et al., 2015). Mientras que el ojo humano compensa de forma automática la sobreexposición o subexposición de una escena cotidiana, los dispositivos de captura fotográfica registran con precisión físico-química estas discrepancias mecánicas a través de magnitudes exactas de exposición, contraste y rango dinámico.

De esta manera, la práctica fotográfica se instituye como un instrumento de análisis científico-visual indispensable. Bergera (2016) argumenta que la cámara fotográfica actúa como un medio analítico que deconstruye el espacio en un lenguaje visual universal, traduciendo variables intangibles en elementos estructurales cuantificables. Esta aproximación empírica y metodológica, ampliamente respaldada por escuelas de arquitectura y diseño como el Taller de Estudios Lumínicos (TEL) de la ETSAB-UPC, demuestra que el registro fotográfico permite interiorizar la fenomenología de la luz de una forma que la mera modelación matemática o el cálculo de magnitudes físicas no logran asimilar de manera autónoma (Muros-Alcojor & Muñoz-Heras, 2017).



2.3.9.1 Propiedades Físicas, Métricas y Cualitativas de la Luz

Para fundamentar conceptualmente el comportamiento de la luz, es imperativo analizar sus propiedades desde la física óptica y su traducción al diseño fotográfico. El comportamiento lumínico se define a través de dos ejes esenciales: intensidad y calidad.

1. Intensidad y la Ley de la Inversa del Cuadrado

La intensidad lumínica determina la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie específica por unidad de área. Desde una perspectiva puramente física, la atenuación de la luz a medida que se propaga a través del espacio libre se rige por la **Ley de la Inversa del Cuadrado** (Freeman, 2014). Esta ley matemática postula

que la intensidad de la radiación electromagnética (I) recibida desde una fuente de luz puntual es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (d) respecto a dicha fuente:

$$I \propto \frac{1}{d^2}$$

O expresado de forma analítica en relación con la potencia de la fuente (P):

$$I = \frac{P}{4\pi d^2}$$

En términos de composición visual y fotografía, esto implica que pequeñas variaciones de distancia entre el emisor luminoso y el sujeto producen caídas drásticas de luminosidad cuando el sujeto está muy cerca de

la fuente. Por el contrario, a distancias mayores, la transición y pérdida de luz se estabiliza, generando gradaciones espaciales mucho más uniformes (Hunter et al., 2015).

2. Calidad de la Luz: Luz Dura frente a Luz Suave

La calidad de la luz define la naturaleza de las transiciones tonales en los límites de las sombras proyectadas. Este comportamiento morfológico no depende de la potencia de la luminaria, sino de una variable física conocida como el **tamaño aparente o relativo** de la fuente de luz en relación con el sujeto iluminado (dzoom, 2015).

- **Luz Dura:** Es producida por fuentes emisoras cuyo tamaño aparente es pequeño respecto al sujeto (como el Sol a mediodía o un foco de luz directa sin modificar). Físicamente, los rayos lumínicos viajan de forma cuasi paralela, incidiendo con un ángulo idéntico sobre la geometría del objeto. Esto genera una sombra proyectada definida por bordes nítidos y un alto contraste entre la zona iluminada y la sombra, dividiendo el espacio de manera tajante en dos regiones ópticas: la zona de luz y la **umbra** (sombra central y absoluta) (Hunter et al., 2015).
- **Luz Suave:** Es generada por fuentes cuyo tamaño aparente es físicamente grande en comparación con el sujeto (como un cielo nublado o una luminaria de estudio modificada por un difusor translúcido). Al aumentar el área de emisión, los rayos convergen sobre el sujeto desde múltiples direcciones vectoriales. Esto diluye las fronteras de la sombra, creando

una región de transición gradual llamada **penumbra** (sombra parcial donde la fuente de luz está parcialmente obstruida), lo que suaviza el contraste y revela sutilmente los detalles morfológicos y texturales del volumen (dzoom, 2015; Freeman, 2014).

2.3.9.2 El Esquema de Iluminación de Tres Puntos (3-Point Lighting)

Heredado de las técnicas de modelado escultórico del Renacimiento y sistematizado formalmente por la cinematografía clásica de Hollywood y la fotografía de estudio, el **esquema de iluminación de tres puntos** constituye la metodología canónica para dotar de tridimensionalidad, volumen y separación espacial a un sujeto dentro de un plano bidimensional (Hipólito, 2026; Garay, 2024). Este triángulo tridimensional de modelado lumínico se estructura a partir de tres fuentes de luz con funciones ópticas y jerarquías de intensidad claramente diferenciadas:

1. Luz Principal (Key Light)

La Luz Principal es el eje rector del esquema de modelado y define la estructura dominante de las sombras, el contraste y la dirección general de la escena

(Garay, 2024). Representa el **100%** de la intensidad de referencia para el cálculo de la exposición y suele

posicionarse formando un ángulo de **45°** en el eje

horizontal y **45°** en el eje vertical respecto a la línea de la cámara frente al sujeto. Esta angulación imita la posición natural de la luz solar durante las horas de mayor legibilidad espacial, revelando de manera idónea las texturas y la fisonomía volumétrica del elemento iluminado (Hipólito, 2026).

2. Luz de Relleno (Fill Light)

La Luz de Relleno se sitúa en el cuadrante opuesto a la

Luz Principal, típicamente a un ángulo de **45°** simétrico o asimétrico en el eje horizontal respecto a la cámara. Su función primordial es de naturaleza técnica y cognitiva: atenuar la severidad de las sombras proyectadas por la Luz Principal y revelar la información visual latente en las zonas oscuras sin llegar a eliminarlas por completo (Birn, 2014).

Para evitar la generación de sombras secundarias discordantes o "sombras dobles", la Luz de Relleno debe ser físicamente suave y difusa (Tamron Americas, 2023). La proporción o *ratio de contraste* entre la Luz Principal y la de Relleno define la atmósfera de la composición:

una relación de **2 : 1** o **3 : 1** denota suavidad y equilibrio visual, mientras que relaciones superiores a **8 : 1** o **16 : 1** conducen a un dramatismo extremo y un alto contraste (Birn, 2014).

3. Contraluz o Luz de Separación (Rim, Back o Hair Light)

El Contraluz se ubica detrás del sujeto, apuntando directamente hacia su parte posterior, fuera del encuadre de la cámara. Su función es puramente espacial y compositiva: crear una fina línea brillante u "orla de luz" alrededor del contorno del sujeto (Garay, 2024).

Desde la física de la percepción, esta técnica eleva drásticamente el contraste local en los bordes de la silueta, separando formalmente los planos del sujeto respecto al fondo y neutralizando el achatamiento bidimensional característico de los soportes de visualización planos (Tamron Americas, 2023). Al perfilar el contorno, se genera una ilusión de profundidad de campo y una lectura inequívoca del volumen en el espacio tridimensional (Birn, 2014).



2.3.9.3 La Iluminación como Lenguaje Narrativo, Semiótico y Psicológico

La iluminación trasciende la mera función instrumental de visibilizar los objetos; constituye un lenguaje narrativo autónomo con la capacidad de modificar de manera directa la actitud emocional del receptor y codificar el significado semiótico de las imágenes (Gutiérrez San Miguel, 2002).

2.3.9.4 Claves Tonales: High Key frente a Low Key

La distribución de tonos y la intensidad de la luz en la escena definen las claves tonales de la composición:

- **Clave Alta (High Key):** Es un estilo visual caracterizado por una iluminación generalizada, brillante y homogénea, con una razón de contraste extremadamente baja entre las zonas de luz y sombra (Cg Boost, 2024). Utilizada históricamente en la representación visual de carácter optimista, informativo o comercial, la clave alta evoca ligereza cognitiva y neutralidad. Al reducir al mínimo la presencia de sombras pronunciadas, disminuye la tensión dramática y facilita una decodificación rápida y uniforme de la información volumétrica.
- **Clave Baja (Low Key):** Se define por un marcado predominio de las sombras y un alto contraste tonal, donde grandes porciones del encuadre permanecen sumidas en la penumbra o la oscuridad absoluta (Cg Boost, 2024). Este esquema incrementa dramáticamente la tensión visual, evocando misterio, introspección, peligro o solemnidad. Al ocultar selectivamente fragmentos del sujeto, la clave baja exige una mayor participación interpretativa por parte del

espectador, promoviendo procesos de semiótica activa donde la mente debe reconstruir activamente las partes ocultas de la geometría (Gutiérrez San Miguel, 2002).

2.3.9.5 Ángulos de Incidencia Lumínica y su Psicología Perceptiva

El ángulo vertical desde el cual la luz incide sobre una superficie altera de forma determinante su lectura morfológica y psicológica:

- **Luz Cenital (90° Superior):** La fuente luminosa se posiciona directamente encima del sujeto. Genera sombras anatómicas verticales muy pronunciadas, oscureciendo las cavidades faciales u oquedades y proyectando sombras descendentes rígidas. Evoca una atmósfera de opresión, aislamiento o juicio implacable.
- **Luz Frontal (0° respecto a la Cámara):** Minimiza las sombras visibles desde el punto de vista del observador, aplanando los volúmenes y reduciendo la percepción de textura bidimensional. Es un ángulo de alta legibilidad informativa pero de bajo valor dramático y volumétrico.
- **Luz Lateral (90° Horizontal):** Divide al sujeto exactamente en dos mitades ópticas (luz y sombra). Revela la rugosidad física de los materiales y las texturas de manera hiperrealista, y psicológicamente connota dualidad, conflicto interno o misterio.
- **Rembrandt Lighting:** Es un estilo clásico inspirado en las obras pictóricas del pintor holandés Rembrandt van Rijn. Se caracteriza



por un ángulo lateral-superior que mantiene iluminada una mitad de la fisionomía del sujeto, mientras que en la mitad en sombra proyecta un inconfundible triángulo de luz sobre la mejilla opuesta (Cg Boost, 2024; The Power of Lighting, 2026). Consigue un equilibrio perfecto entre volumen tridimensional, elegancia pictórica y carga psicológica profunda.

- **Luz Contrapicada y Nadir (90° Inferior):**
Al situar la luminaria por debajo de la línea del sujeto, se proyectan las sombras en una dirección completamente opuesta a los patrones naturales de la gravedad (hacia arriba). Esto provoca una distorsión visual e iconográfica perturbadora, asociada de manera universal con la inestabilidad psíquica, lo sobrenatural, el terror y la distorsión del orden físico natural.

2.4 Marco Legal/Normativo

El desarrollo e implementación de una guía educativa interactiva con Realidad Aumentada (RA) para la enseñanza de iluminación 3D en Blender, dirigida a estudiantes de la carrera de Diseño Gráfico en el contexto universitario del Ecuador, se encuentra regulado y respaldado por un sólido andamiaje normativo. Este marco jurídico no solo viabiliza técnicamente el proyecto, sino que legitima la innovación educativa, protege la propiedad intelectual, promueve la soberanía tecnológica y garantiza los derechos de privacidad de los usuarios.

A continuación, se presenta un análisis sistemático y crítico del marco legal ecuatoriano aplicable al proyecto, estructurado de forma jerárquica desde la norma constitucional hasta las leyes orgánicas y reglamentaciones sectoriales pertinentes.

1. La Constitución de la República del Ecuador (2008): Fundamento del Derecho a la Educación e Inclusión Tecnológica

La Constitución de la República del Ecuador (2008), como norma suprema del ordenamiento jurídico nacional, consagra en su texto principios fundamentales que legitiman el codiseño e implementación de herramientas tecnopedagógicas interactivas.

El Artículo 26 define a la educación como:

"Un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado. Constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad e inclusión social y condición indispensable para el buen vivir." (Const., 2008, art. 26)

Este mandato constitucional sitúa a la educación en el centro del desarrollo humano. Por su parte, el Artículo 27 establece que la educación debe ser "creativa, participativa, plurilingüe, democrática, laica y diversa", y que debe "estimular el sentido crítico, el arte y la cultura física, la iniciativa individual y comunitaria, y el desarrollo de competencias y capacidades para crear y trabajar" (Const., 2008, art. 27). La presente propuesta metodológica, al integrar herramientas tridimensionales interactivas y realidad aumentada, responde de manera directa a esta exigencia de creatividad y estímulo de la iniciativa individual en el ámbito del Diseño Gráfico.

Asimismo, el papel de las tecnologías emergentes en la educación queda blindado a través del Artículo 347, numeral 8, el cual prescribe como responsabilidad del Estado:

"Incorporar las tecnologías de la información y comunicación en el proceso educativo, y propiciar el enlace de la enseñanza con las actividades productivas o sociales." (Const., 2008, art. 347, num. 8)



La incorporación de un recurso didáctico interactivo basado en RA no constituye una simple elección estética, sino la materialización práctica de este mandato de inclusión y actualización digital en la educación formal.

Finalmente, la Carta Magna promueve el desarrollo de la ciencia y la tecnología a través del Régimen de Desarrollo. En su Artículo 385, establece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales, cuyo fin es "generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos" (Const., 2008, art. 385). En concordancia, el Artículo 387, numeral 2, obliga al Estado a "promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación científica y tecnológica, y transferir tecnología" (Const., 2008, art. 387, num. 2). El desarrollo de softwares y guías metodológicas con tecnologías inmersivas encaja directamente dentro de este objetivo nacional de transferencia y soberanía tecnológica.

2.4.1 Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) y el Reglamento de Régimen Académico: El Fomento de Recursos Didácticos Innovadores

El diseño de un material educativo para el entorno universitario debe responder a las directrices que rigen a las Instituciones de Educación Superior (IES) en el Ecuador. La Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) de 2018 consagra el principio de pertinencia y la autonomía responsable para mejorar la calidad académica.

El Artículo 13 de la LOES detalla las funciones de la Educación Superior, destacando en sus literales la obligatoriedad de:

"Promover el desarrollo de tecnologías y ciencias que aporten al mejoramiento de la calidad de vida... y fomentar el pensamiento crítico, el arte, la cultura

y la investigación científica en un marco de libertad intelectual y pluralismo." (LOES, 2018, art. 13)

Bajo esta línea, la conceptualización y desarrollo de guías multimedia que optimicen la didáctica de herramientas complejas como la iluminación en Blender responde a la exigencia de actualizar e innovar de manera constante en las metodologías docentes universitarias.

Por otra parte, el Reglamento de Régimen Académico (RRA), expedido por el Consejo de Educación Superior (CES), norma las modalidades de aprendizaje y el uso de recursos didácticos. El RRA promueve la diversificación de escenarios de aprendizaje mediante la integración de componentes prácticos-experimentales y autónomos. La implementación de la Realidad Aumentada como un canal didáctico interactivo se alinea con el Artículo 27 del RRA (relativo a la organización del aprendizaje), facilitando la transición de una enseñanza pasiva a un aprendizaje dinámico y centrado en el estudiante, promoviendo la experimentación empírica en entornos virtuales de simulación 3D sin requerir infraestructura física de alto costo.

2.4.2 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación (Código INGENIOS): Propiedad Intelectual, Software Libre y Excepciones Educativas

El Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación (conocido como Código INGENIOS), publicado en el Registro Oficial Suplemento 899 del 9 de diciembre de 2016, es el cuerpo legal central que regula la propiedad intelectual, el desarrollo de software y el uso de tecnologías en el Ecuador. Su análisis es vital para este proyecto bajo tres vertientes: la protección del derecho de autor, la adopción de software libre y las excepciones de uso con

fines educativos.

2.4.3 Protección de los Derechos de Autor sobre la Obra de Diseño y Software Interactiva

La guía educativa interactiva que compone este proyecto de titulación es una obra híbrida o multimedia que contiene elementos de diseño gráfico, textos metodológicos, animaciones tridimensionales y una interfaz de programación de software. El Artículo 101 del Código INGENIOS garantiza la protección de los derechos de autor sobre las obras creadas en el territorio nacional, especificando en su Artículo 104 que se protegen:

“Las obras expresadas por escrito... las obras de diseño, las obras audiovisuales, y los soportes lógicos o programas de ordenador (software), entre otras creaciones del intelecto.” (Código INGENIOS, 2016, art. 104)

De esta forma, tanto el diseño de la interfaz de usuario (UI), la maquetación del folleto de soporte físico, la guía de iluminación, las animaciones 3D desarrolladas por el autor y la codificación que asocia los marcadores físicos (triggers) con el despliegue de RA quedan plenamente amparados bajo la figura de propiedad intelectual del investigador.

Por tratarse de un proyecto académico de grado, el Artículo 114 regula la titularidad de las obras creadas bajo relación académica. En el ámbito universitario, el derecho moral de paternidad de la obra pertenece de forma irrenunciable al estudiante/investigador, mientras que la institución de educación superior mantiene licencias de uso no exclusivas con fines de difusión y archivo en sus repositorios institucionales de acceso abierto, de acuerdo con las normativas de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación

(SENESCYT).

2.4.4 Promoción del Software Libre y de Código Abierto (Blender)

Un pilar metodológico de esta tesis es el uso del software Blender para la enseñanza de la iluminación tridimensional. Blender es una suite de creación 3D de código abierto y distribución gratuita, licenciada bajo la GNU General Public License (GPL).

El Artículo 148 del Código INGENIOS estipula el régimen de adquisición y uso de software por parte de entidades públicas y del sector educativo, estableciendo un orden de prelación estricto donde el Estado ecuatoriano prioriza la soberanía tecnológica:

1. Software libre, con soporte local.
2. Software libre, sin soporte local.
3. Software de código abierto.
4. Software de código propietario o cerrado.

Al basar el recurso educativo en Blender, este proyecto no solo mitiga la brecha económica de acceso a licencias costosas (como Maya o 3ds Max), sino que cumple estrictamente con el principio de soberanía tecnológica fomentado por el Código INGENIOS, impulsando el uso de tecnologías libres en la educación superior pública y privada del Ecuador.

2.4.5 Excepciones y Limitaciones con





Fines Educativos (Fair Use en el Ecuador)

Dado que la guía interactiva tiene un propósito puramente de enseñanza y formación académica sin fines lucrativos, es importante precisar las licencias aplicables y la legalidad del material de referencia utilizado. El Artículo 211 del Código INGENIOS establece los límites y excepciones al derecho de autor en beneficio de la educación y el acceso al conocimiento:

“Es permitido realizar, sin autorización del autor ni remuneración alguna, actos de reproducción, distribución o comunicación pública de obras lícitamente divulgadas, cuando se realicen con fines estrictamente educativos o de investigación, siempre que se mencione la fuente y el nombre del autor.” (Código INGENIOS, 2016, art. 211)

Esto legitima la inclusión de capturas de pantalla de la interfaz de Blender, esquemas técnicos de iluminación consolidados por la industria y la distribución del material didáctico entre la población estudiantil estudiada. Adicionalmente, el proyecto adopta un modelo de licenciamiento abierto a través de Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0), permitiendo compartir el recurso educativo con atribución, pero impidiendo usos comerciales o la alteración no autorizada de la guía multimedia.

2.4.6 Ley Orgánica para el Fomento de la Economía Naranja: El Impulso a las Industrias Creativas y Tecnológicas

Ecuador ha implementado políticas públicas destinadas a dinamizar las denominadas industrias del conocimiento y de la creatividad, agrupadas bajo el concepto de Economía Naranja. Con el impulso de la Asamblea Nacional y el Ministerio de Cultura y Patrimonio, la legislación ecuatoriana busca incentivar la producción nacional de bienes y servicios intensivos en propiedad

intelectual, innovación y tecnología.

La creación de una guía didáctica que involucra modelado 3D, animación digital, desarrollo editorial contemporáneo e interactividad mediante tecnologías de realidad aumentada encaja formalmente en el sector de las Industrias Creativas y de Soporte Digital, catalogadas como actividades prioritarias de la Economía Naranja.

Esta normativa incentiva la vinculación entre la academia y los sectores productivos tecnológicos para diversificar la matriz cognitiva del país. Al formar estudiantes de Diseño Gráfico en competencias avanzadas de iluminación digital utilizando herramientas de bajo coste (Blender) y tecnologías emergentes (RA), se promueve la generación de profesionales aptos para integrarse a la industria del desarrollo de videojuegos, la postproducción audiovisual y el diseño de experiencia de usuario (UX/UI), sectores económicos con alto valor agregado e internacionalización dentro de la economía creativa global (Asamblea Nacional del Ecuador, 2024).

2.4.7 Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPD): Cumplimiento y Seguridad en el Uso de Tecnologías de Realidad Aumentada

La implementación de sistemas de Realidad Aumentada (como el uso de la aplicación Artivive o desarrollos similares basados en dispositivos móviles) implica necesariamente que el usuario final conceda permisos de acceso a periféricos de hardware, concretamente a la cámara de su teléfono inteligente. La cámara del dispositivo analiza el entorno en tiempo real para rastrear la imagen trigger (marcador impreso) e incrustar de forma tridimensional la animación explicativa de la iluminación.

Este proceso tecnológico debe ser analizado bajo el prisma de la Ley Orgánica de Protección de Datos



Personales (LOPD) del Ecuador, publicada en el Quinto Suplemento del Registro Oficial N° 459 el 26 de mayo de 2021.

El Artículo 1 de la LOPDP establece que su objeto es:

"Garantizar el ejercicio del derecho a la protección de datos personales, que incluye el acceso y decisión sobre información y datos de este carácter, así como su correspondiente protección." (LOPD, 2021, art. 1)

Al interactuar con la cámara del dispositivo móvil de los estudiantes, el proyecto debe salvaguardar la privacidad bajo los siguientes lineamientos técnicos y legales:

1. Principio de Minimización de Datos (Art. 10, literal d): La aplicación utilizada para desplegar la RA no recopila, procesa ni almacena datos biométricos del rostro del estudiante ni de su entorno físico residencial. El procesamiento de imagen se realiza de manera puramente local (on-device edge computing) para la detección geométrica del marcador impreso en el folleto. No existe transmisión de secuencias de video ni almacenamiento de datos sensibles en servidores externos no autorizados.
2. Consentimiento Informado (Art. 8): Al desplegar la guía didáctica interactiva, se debe integrar de forma explícita un aviso legal y de privacidad breve y amigable que informe al estudiante que el acceso a la cámara es de uso exclusivo y local para el renderizado interactivo de la animación 3D de iluminación, y que ningún dato personal será guardado ni compartido.
3. Excepción por Fines de Investigación y Educativos (Art. 7, numeral 10): La LOPDP permite el tratamiento de datos para fines estadísticos, científicos o de investigación académica, siempre y cuando se

adopten las medidas de seguridad adecuadas, como la anonimización de la muestra de estudio utilizada durante la fase de validación pedagógica del proyecto.

El cumplimiento estricto de estas cláusulas constitucionales y de seguridad de la información garantiza que la guía interactiva sea un recurso académica y legalmente viable, protegiendo tanto la soberanía intelectual del diseñador como la integridad informática del alumnado universitario.

3 METODOLOGÍA DE DISEÑO





3 Metodología de Diseño

Para el desarrollo del presente proyecto se aplica la metodología **Design Thinking** (Pensamiento de Diseño). Este enfoque centrado en el usuario se compone de cinco etapas iterativas: **empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar**. Su naturaleza cíclica permite la generación de prototipos constantes y la implementación de mejoras progresivas que incrementan la funcionalidad del producto final, garantizando un resultado que responda con precisión a las necesidades pedagógicas del público objetivo.

3.4.1 Empatizar

En esta fase inicial se realizó una observación directa del desempeño de los estudiantes de Diseño Gráfico en el entorno del aula. El enfoque se centró en el proceso de iluminación y renderizado de personajes modelados por ellos mismos.

Se consideró como antecedente que los alumnos poseen formación previa en **iluminación fotográfica** de semestres anteriores y recibieron una instrucción técnica breve sobre las herramientas de iluminación en Blender. Sin embargo, se evidenció que, a pesar de dominar los conceptos teóricos de la fotografía física, los estudiantes enfrentaban dificultades críticas al utilizar las fuentes de luz digitales (área, punto, *spotlight* y sol). Estas falencias se manifestaron en la incapacidad de aplicar esquemas básicos de iluminación para definir correctamente el volumen y las formas de sus personajes en el entorno virtual.

3.4.2 Definir

En esta etapa se analizaron las experiencias previas de los estudiantes para identificar las causas subyacentes de la transferencia ineficaz de conocimientos teóricos al render final. Se determinaron tres factores principales:

1. La falta de claridad en la transición de conceptos del mundo físico al entorno digital 3D.
2. La limitación temporal de un calendario académico ajustado que impide profundizar en la técnica.
3. La dificultad cognitiva de comprender la iluminación como una "forma abstracta" en un medio no físico.

A partir de este diagnóstico, se construyó un **perfil de Buyer Persona** y un **mapa de empatía** para delimitar los requerimientos del proyecto. Los objetivos de diseño se enfocaron en crear un recurso que clarifique el uso de las fuentes de luz en Blender, cubra los vacíos técnicos detectados y modernice los métodos de enseñanza-aprendizaje mediante herramientas interactivas.

3.4.3 Idear

Durante la fase de ideación se exploraron diversas soluciones mediante la técnica de **lluvia de ideas (brainstorming)**. Entre las propuestas iniciales figuraron la creación de una *landing page* informativa, la producción de cartillas didácticas físicas y el desarrollo de una guía educativa interactiva.

Tras un análisis de viabilidad y pertinencia, se seleccionó la **guía educativa con realidad aumentada (RA)**. Esta decisión se fundamentó en el alto potencial didáctico de la RA, la cual permite una visualización tridimensional inmersiva que facilita la comprensión de conceptos espaciales, convirtiéndose en un material de apoyo estratégico para las cátedras de Modelado 3D.

3.4.4 Prototipar

La fase de prototipado consistió en la elaboración de *moodboards* y la realización de un **benchmark** detallado para establecer un lenguaje visual coherente con el entorno académico. Se llevaron a cabo pruebas de composición editorial, incluyendo la selección tipográfica, la estructuración de la retícula y la evaluación



de formatos de impresión.

Para la integración de la realidad aumentada, se diseñaron y testearon marcadores visuales específicos (*triggers*), los cuales actúan como disparadores de la interactividad, permitiendo que el usuario visualice los esquemas de iluminación en tiempo real sobre el soporte físico.

3.4.5 Evaluar

La fase final comprende la validación de la funcionalidad de la guía y las cartillas interactivas. Este proceso de evaluación se centra en tres ejes:

- **Funcionalidad técnica:** El correcto desempeño de la aplicación de realidad aumentada y la respuesta de los marcadores.
- **Usabilidad:** La facilidad de navegación e interacción del usuario con el producto físico y digital.
- **Eficacia pedagógica:** El nivel de comprensión y mejora en el aprendizaje de la iluminación 3D por parte de los estudiantes del público objetivo.

3.1 Investigación de campo

La presente investigación de campo se constituye como un diagnóstico empírico de carácter cuantitativo, cuyo objetivo fundamental es determinar las dificultades de aprendizaje, los hábitos de consumo de información técnica y los puntos de dolor cognitivo que experimentan los estudiantes universitarios de la carrera de Diseño Gráfico al abordar la temática de la iluminación tridimensional dentro del software de código abierto Blender.

Para validar de manera científica la necesidad de un nuevo recurso pedagógico interactivo, se diseñó un instrumento de recolección de datos (encuesta estructurada de 10 reactivos cerrados) orientado a

mapear la fatiga visual, las barreras de interpretación espacial (traspaso dimensional de interfaces bidimensionales a entornos tridimensionales), y el impacto de la carga de tecnicismos complejos sobre la asimilación conceptual. Los resultados obtenidos han sido organizados bajo tres ejes estratégicos de análisis para su posterior cruce de variables y conceptualización proyectual.

3.1.5.1 Ficha Técnica de la Investigación

A continuación, se detalla la metodología de recolección de información empleada durante la fase de campo:

- **Población Objetivo:** Estudiantes universitarios de tercer nivel en el campo de formación de las Artes y el Diseño (con énfasis en Diseño Gráfico, Animación y Producción Audiovisual).
- **Muestra:** Estudiantes encuestados con un rango de edad dominante entre los 18 y 25 años.
- **Instrumento:** Cuestionario digital estructurado mediante reactivos basados en la Escala de Likert y selección de opción múltiple con enfoque preferencial.
- **Período de Levantamiento:** abril de 2026.
- **Tasa de Consistencia:** 100% de respuestas válidas analizadas directamente desde los repositorios de datos del proyecto de tesis.

3.1.1 Análisis de Resultados por Eje Estratégico

3.1.1.1 Eje 1: Limitaciones de los Recursos Tradicionales y Carga Cognitiva

Este eje evalúa la eficiencia de los métodos de



autoaprendizaje y consulta externa de uso común (videotutoriales extensos de plataformas como YouTube o manuales de formato PDF estático), enfocándose en medir los niveles de fatiga visual y la pérdida de la atención sostenida.

Canal de información principal fuera del aula

A la pregunta: *“Al momento de querer aprender sobre iluminación en Blender u otro software de modelado y animación 3D, fuera del contexto del aula, ¿cuál ha sido su principal fuente de información?”*

Fuente de Información	Porcentaje de Preferencia (%)	Interpretación Académica
Tutoriales en YouTube	76.5%	Revela una alta dependencia de soportes dinámicos visuales pero no estructurados curricularmente.
Blogs especializados de 3D	12.8%	Uso secundario de información textual con un carácter técnico plano y lineal.
Manuales y PDFs Estáticos	6.4%	Baja tasa de consulta debido a la rigidez compositiva y la densidad tipográfica tradicional.
Otros medios y foros (Reddit, Discord)	4.3%	Búsqueda de retroalimentación comunitaria ante dudas sumamente puntuales.

Tabla 2_Canal de información principal fuera del aula

Percepción de fatiga visual y declive atencional por formatos tradicionales

A la pregunta: *¿Qué tan de acuerdo estás con la afirmación: «Los videotutoriales extensos o*



PDFs estáticos sobre iluminación 3D a menudo provocan fatiga visual y pérdida de atención”?

Escala de Opinión	Frecuencia Porcentual (%)	Análisis Cognitivo
Totalmente de acuerdo	58.3%	El estudiante de diseño gráfico resiente la densidad de información no dosificada.
De acuerdo	31.2%	Confirma que el soporte actual genera desgaste cognitivo y bloqueos de atención.
Neutral	8.3%	Alumnos que alternan con métodos prácticos que aminoran el esfuerzo visual directo.
En desacuerdo	2.2%	Capacidad adaptativa inusual para consumir material plano o técnico extenso.

Tabla 3 Percepción de fatiga visual y declive atencional por formatos tradicionales

Frecuencia de encuentro con material educativo deficiente

A la pregunta: “Al buscar material de apoyo para aprenver iluminación en Blender, ¿con qué frecuencia te encuentras con contenido que consideras excesivamente largo, desorganizado o poco claro?”v

Nivel de Frecuencia	Frecuencia Porcentual (%)	Impacto en el Aprendizaje
Muy frecuentemente	41.7%	Evidencia una grave dispersión metodológica y falta de diseño de información en la red.
Frecuentemente	39.6%	El estudiante pasa más tiempo buscando y filtrando información que asimilando conceptos.



Ocasionalmente	16.7%	Contacto con repositorios curados por especialistas o docentes calificados.
Rara vez / Nunca	2.0%	Acceso exclusivo a membresías de educación premium en plataformas cerradas.

Tabla 4_Frecuencia de encuentro con material educativo deficiente

3.1.1.2 Eje 2: Retos del Traspaso Dimensional y Complejidad Técnica

Este eje evalúa los dolores de cabeza específicos que enfrentan los diseñadores gráficos cuando intentan traducir una instrucción visual bidimensional (diagrama 2D) a la profundidad de los tres ejes espaciales (X, Y, Z) de Blender, además de analizar la barrera del lenguaje técnico abstracto.

Dificultad de interpretación espacial de luminarias basadas en formatos 2D planos

A la pregunta: *"¿Qué tanta dificultad experimentas al intentar utilizar fuentes de iluminación como luces de Área (Area lights) en Blender basándote únicamente en una imagen plana (2D) de un PDF, manual tradicional o referencia?" (Escala del 1 al 5, donde 5 es dificultad máxima).*

Nivel de Dificultad	Porcentaje de Respuestas (%)	Evaluación del Andamiaje Visual
Nivel 5 (Dificultad Extrema)	29.2%	Bloqueo absoluto para proyectar la atenuación y el cono de luz en un espacio tridimensional.
Nivel 4 (Dificultad Alta)	37.5%	Requiere múltiples pruebas de render (ensayo-error) por falta de un modelo predictivo espacial.
Nivel 3 (Dificultad Moderada)	20.8%	Se apoya en conocimientos de fotografía previa, pero experimenta desorientación en la escala virtual.



Nivel 2 (Dificultad Baja)	10.4%	Alumnos con alta capacidad de rotación mental y abstracción volumétrica tridimensional.
Nivel 1 (Sin Dificultad)	2.1%	Destreza espacial desarrollada anteriormente en disciplinas afines al modelado paramétrico.

Tabla 5_Dificultad de interpretación espacial de luminarias basadas en formatos 2D planos

Impacto de los tecnicismos complejos en el flujo de aprendizaje

A la pregunta: "Cuando intentas aprender iluminación 3D en Blender a través de tutoriales o manuales técnicos, ¿en qué medida sientes que el uso excesivo de tecnicismos complejos (como explicaciones matemáticas de algoritmos de renderizado o física óptica avanzada) dificulta tu comprensión y asimilación del tema?"

Nivel de Obstrucción	Porcentaje (%)	Síntoma Epistemológico
Lo dificulta significativamente	35.4%	Abandono inmediato de la lectura técnica por frustración conceptual.
Lo dificulta de forma moderada	47.9%	Obliga al estudiante a romper el hilo conductual para buscar glosarios externos.
Afecta muy poco	14.6%	Asimilación del concepto por contexto sin detenerse en los detalles algebraicos.
No le afecta en absoluto	2.1%	Estudiante con fuerte afinidad matemática y formación técnica de ingeniería.

Tabla 6_Impacto de los tecnicismos complejos en el flujo de aprendizaje

3.1.1.3 Eje 3: Preferencias Didácticas de Estudiantes del Área Creativa

Este eje analiza de qué manera el diseño debe reestructurar el contenido y el tono educativo para conectar de manera empática y fluida con la mente visual y heurística del estudiante de diseño.

Tabla 6: Método de explicación de mayor asimilación para el comportamiento de la luz



A la pregunta: “Como estudiante del área creativa, ¿cuál de los siguientes métodos de explicación consideras que facilita más tu aprendizaje al asimilar el comportamiento de una luz en Blender?”

Método Preferido	Porcentaje (%)	Fundamentación de Diseño de Información
Explicaciones basadas en analogías de la vida real (ej. luz de ventana nublada, lámparas físicas)	83.3%	Valida el uso de metáforas semióticas y un tono cercano (amigo experto) frente a la frialdad industrial.
Explicaciones puramente teóricas con diagramas estáticos tradicionales	10.4%	Modelo instruccional clásico que requiere un andamiaje complementario para funcionar.
Explicaciones detalladas de la física de la luz (fórmulas matemáticas de rebote de fotones)	6.3%	Mínima aceptación en carreras enfocadas en la plástica y la narrativa visual.

Tabla 7_Método de explicación de mayor asimilación para el comportamiento de la luz

Preferencias metodológicas basadas en Microlearning



A la pregunta: *¿Qué tan de acuerdo estás con la afirmación: «¿Para aprender un software complejo como Blender, prefiero guías breves enfocadas en un solo tema específico a la vez (por ejemplo, folletos de pocas páginas que dominen un solo esquema de luz)?»*

Escala de Likert	Porcentaje (%)	Justificación Proyectual Editorial
Totalmente de acuerdo	72.9%	Respalda plenamente la dosificación de contenidos en fascículos o folletos modulares (8 páginas).
De acuerdo	22.9%	Ratifica que la fragmentación del conocimiento reduce la fatiga visual.
Neutral	4.2%	Estudiantes indiferentes al formato que priorizan el contenido sobre la estructura de lectura.
En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	0.0%	Ningún estudiante prefiere voluntariamente los manuales enciclopédicos densos.

Tabla 8_ Preferencias metodológicas basadas en Microlearning



3.1.2 Conclusión: La Justificación del Proyecto por medio del Diseño

Los resultados arrojados por esta investigación de campo no son simplemente estadísticas de opinión; constituyen un mapa sintomático del desgaste visual e intelectual que provoca el ecosistema educativo actual de las herramientas de software 3D. A partir de estos datos, queda científicamente demostrada y justificada la necesidad de intervenir esta brecha pedagógica mediante un **enfoque híbrido de diseño de información y diseño de interacción**.

3.1.3 Justificación del Diseño Editorial (La Respuesta a la Carga Cognitiva)

El diagnóstico del Eje 1 y Eje 3 revela un punto de dolor indiscutible: el declive atencional por fatiga visual y el desorden de los recursos tradicionales. Un abrumador 89.5% de los encuestados afirma que los formatos extensos y lineales sabotean su concentración, mientras que el 95.8% prefiere explícitamente materiales educativos basados en el *micro aprendizaje* (guías sumamente breves, enfocadas en un único tema de forma sintetizada).

Desde la perspectiva del diseño editorial tradicional, esta necesidad justifica la diagramación de un producto híbrido estructurado en folletos compactos y modulares (ej. folletos de 8 páginas). Al aplicar un sistema de retículas flexible (como la retícula de columnas y modular de Josef Müller-Brockmann) y un tono de comunicación amigable ("un amigo experto"), el diseño reestructura los datos áridos. Se eliminan los muros de texto densos y los tecnicismos matemáticos complejos (que dificultan el aprendizaje para el 83.3% de los creativos), traduciendo los a analogías de la vida real a través de una cuidada síntesis iconográfica y cromática. El diseño, por tanto, actúa como un filtro que reduce drásticamente la carga cognitiva y respeta el ritmo del

estudiante moderno.

3.1.4 Justificación de la Realidad Aumentada (El Andamiaje Visual Inmersivo)

El dolor de cabeza técnico más grave expuesto en el Eje 2 radica en el traspaso dimensional. El 66.7% de los estudiantes admite tener dificultades severas o extremas al intentar descifrar cómo posicionar una luz tridimensional en Blender basándose únicamente en las ilustraciones bidimensionales (2D) de los manuales en papel tradicional. Un gráfico plano no es capaz de comunicar de manera intuitiva fenómenos volumétricos complejos como la atenuación de una sombra, la intensidad del cono de luz o el impacto tridimensional de la dirección del haz de luz.

Aquí es donde la tecnología de Realidad Aumentada (RA) interviene no como un simple elemento decorativo o tecnológico llamativo, sino como un andamiaje cognitivo indispensable. Al escanear los marcadores (*triggers*) del folleto físico impreso mediante una interfaz móvil de RA (como la plataforma Artivive), la ilustración estática en dos dimensiones "cobra vida" tridimensional en la pantalla del estudiante.

El modelo matemático e interactivo de la RA permite que el alumno:

- Visualice de manera volumétrica el posicionamiento de las fuentes de luz alrededor de un personaje 3D (comprendiendo en tiempo real el ángulo y los tres ejes X, Y, Z).
- Experimente de forma empírica la diferencia táctil y visual entre la luz dura y la luz suave simplemente por medio de las animaciones presentadas en la pantalla de su dispositivo móvil.



- Observe la interacción secuencial del esquema de tres puntos (Luz Principal, Relleno y Contraluz) de forma interactiva e individualizada.

3.1.5 Síntesis Proyectual: La Guía Híbrida como Solución Cohesionada

En definitiva, la investigación de campo demuestra que el aprendizaje del software complejo no fracasa por falta de interés o de intelecto por parte del estudiante, sino por la obsolescencia estética y cognitiva de los soportes didácticos actuales.

A través del diseño de un producto híbrido que fusiona el soporte editorial físico con la interactividad dinámica de la Realidad Aumentada, tu tesis propone una solución real a una necesidad concreta: democratizar la asimilación del espacio tridimensional digital mediante el diseño de información contemporáneo, transformando la lectura pasiva e ineficiente en una experiencia interactiva, empírica, memorable y altamente eficaz para la era de la atención fragmentada.

3.2 Definición del Buyer Persona

Para comprender de manera profunda las necesidades pedagógicas y los puntos de dolor del público al que va dirigida la propuesta, se diseñó el perfil de User Persona. Este arquetipo representa al estudiante de diseño o animación que se enfrenta por primera vez a la complejidad de la iluminación en entornos tridimensionales.

3.2.1 Arquetipo: Mateo Benítez – “El Diseñador Abrumado por la Teoría”

“Me apasiona darles vida a mis modelos 3D, pero cuando llego a la etapa de iluminación me frustró. Los tutoriales en video duran horas y los manuales en PDF son tan planos y técnicos que termino configurando las luces a

ciegas, perdiendo muchísimo tiempo en renders que no quedan como quiero”.

Tabla 9_información demográfica Perfil Buyer

Nombre	Mateo Benítez
Edad	21 años
OCUPACIÓN	Estudiante de 3er año de Diseño Gráfico
Ubicación	Quito, Ecuador
Nivel en Blender	Principiante – Intermedio.

3.2.1.1 Perfil y Biografía

Mateo es un estudiante universitario apasionado por la creación de entornos digitales y el renderizado en software de código abierto como Blender. Aunque domina con relativa facilidad el modelado geométrico, encuentra en la iluminación su principal “cuello de botella” técnico y creativo. Dedicar gran parte de su tiempo libre a buscar recursos de autoaprendizaje en internet, pero la falta de una estructura clara lo satura rápidamente.

3.2.1.2 Objetivos y Metas

- **Dominio práctico e intuitivo:** Aprender a iluminar escenas tridimensionales de forma fluida sin depender exclusivamente del método de “ensayo y error” antes de lanzar un render.
- **Optimización del tiempo:** Reducir las horas dedicadas a buscar tutoriales desorganizados o extensos en plataformas de video.
- **Resultados de calidad profesional:** Comprender cómo influye la luz (dura vs. suave, la posición del esquema de tres puntos) en la estética y narrativa de sus proyectos para construir un



portafolio competitivo.

3.2.1.3 Frustraciones y Puntos de Dolor (Puntos identificados en la Investigación de Campo)

- **Saturación Cognitiva y Fatiga Visual:** Los videotutoriales excesivamente largos y los textos densos o estáticos en formato PDF le provocan cansancio y pérdida de atención inmediata.
- **Abstracción Espacial Deficiente:** Experimenta serias dificultades para interpretar esquemas de iluminación bidimensionales (imágenes planas en 2D de manuales de fotografía o guías tradicionales) y replicarlos correctamente en el espacio tridimensional de Blender.
- **Bloqueo por Exceso de tecnicismos:** El material educativo actual disponible en el mercado suele ser demasiado técnico, denso y poco amigable para un estudiante que apenas se está introduciendo en los conceptos físicos y semióticos de la luz.

3.2.1.4 Relación con la Propuesta Tecnológica y de Diseño

Mateo representa al usuario ideal para la **guía educativa interactiva con Realidad Aumentada** por las siguientes razones:

- **Preferencia por el Microlearning:** Al verse abrumado por la teoría pesada, Mateo se beneficiará directamente de un folleto físico breve, modular y con un tono conversacional amigable ("de amigo experto") que dosifica la información esencial.
- **Necesidad de Andamiaje Visual (RA):** Su dificultad para trasladar conceptos 2D al espacio 3D se resuelve mediante el uso de la Realidad Aumentada, la cual le permite proyectar los esquemas interactivos de luz sobre su mesa usando su teléfono móvil antes de configurarlos en la computadora. Esto le evita forzar el rendimiento de su hardware simulando luces complejas a ciegas.



Ilustración1_ Mapa de empatía



3.3 Requerimientos de diseño

Funcionamiento de las distintas fuentes de luz disponibles en Blender (luces de área, spotlight, punto de luz y sol)

Esquemas de iluminación

Direccionalidad de la luz

Luz suave y luz dura

Tipos de luz (key, fill y rim)

Animación de las cápsulas de video para el aprendizaje

Esquemas de iluminación

3 puntos

Fuentes de luz:

Área

Punto

Spotlight

Sol

Diseño editorial de la guía

Diagramación de la guía

Definición de Tipografías

Diseño de un escenario 3D

Redacción de textos explicativos

Requerimientos técnicos

Animación en Blender

Animación en Adobe After Effects

Montaje y post producción en Adobe Premiere Pro

Diagramación y Maquetado del producto utilizando Adobe InDesign

Redacción de Textos de la guía

Definición de animaciones y renders estáticos

Diseño de escenario

Diseño de iconografía

Contenido de la Guía (resumido):

Crédito editorial

Índice - doble página

Glosario

Tutorial

Fuentes de luz:

Luz de área

¿Qué es?

¿cómo funciona?

¿Cómo usarla?

Punto de Luz

¿Qué es?

¿cómo funciona?

¿Cómo usarla?

Spotlight

¿Qué es?



¿cómo funciona?

¿Cómo usarla?

Sol

¿Qué es?

¿cómo funciona?

¿Cómo usarla?

Esquema de luz de 3 puntos:

¿Qué es el 3 point lighting?

Como funcionan las luces (como ponerlas y como interactuar con ellas: escala, movimiento y rotación)

"Tipos de luces dentro del esquema"

Luz principal (Key light)

Luz de relleno (Fill Light)

Luz de Recorte (Rim light)

4 DESARROLLO PROYECTUAL





4 Desarrollo Projectual (Fase Creativa)

4.1 Conceptualización

4.1.1 Concepto General

El desarrollo de la guía de este proyecto de titulación gira en torno a la luz, específicamente en la digital, que emula al comportamiento de la luz real a través de tecnologías como el Raytracing, como se mencionó en el marco teórico.

Al ser la luz el elemento sobre el que se desarrolla este proyecto se tomó como base conceptual e idea rectora para tomar decisiones de estilo para este diseño. El seleccionar una paleta de colores que represente la luz, desarrollar elementos visuales que conecten o representen a la luz y a la tecnología, son decisiones importantes que articulan al diseño, que hacen que las piezas que conforman al producto final, y elementos gráficos que los comprenden, cohesionen y tengan coherencia entre sí.

Para resumir, la luz es la idea o concepto rector del proyecto y las decisiones a nivel de dirección de arte deben ir relacionadas de alguna manera a este concepto.

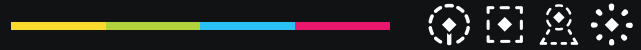
4.1.2 Iconografía

Dentro de los requerimientos de diseño para el producto final se encontró la necesidad del desarrollo de iconografía, la cual servirá al usuario para identificar distintos apartados dentro de cada uno de los folletos y guiar al lector en cada sección.

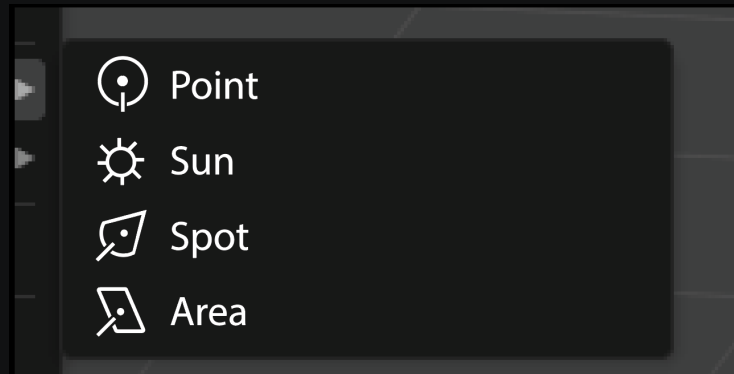
Así mismo, se identificó necesario el desarrollo de iconos para representar cada uno de los folletos referentes a las fuentes de luz de Blender (*point*, *spotlight*, *área*, y *sun*), esto permitiría al usuario el poder identificar cada una de las fuentes de luz, ya que se usa como identificador de cada folleto, así como una forma de representación tridimensional para cada fuente de luz dentro del entorno virtual de Blender, ya que dentro del programa, cada luz puede ser vista dentro del viewport, mas no en el render, lo que significa que el usuario puede perder la referencia de la ubicación de las luces en las animaciones explicativas.

En cuanto a nivel visual, para conectar al concepto general del proyecto, a nuestra idea rectora que es la Luz, se propuso el desarrollo de una iconografía construida a partir de "píxeles", o módulos cuadrados. Esto con relación a las pantallas, que reproducen color e imágenes por medio de la luz. En este proceso los píxeles, los cuales están organizados dentro de una cuadrícula a lo largo y ancho de la pantalla. Esto dio paso a utilizar una retícula de cuadrícula para construir los íconos.

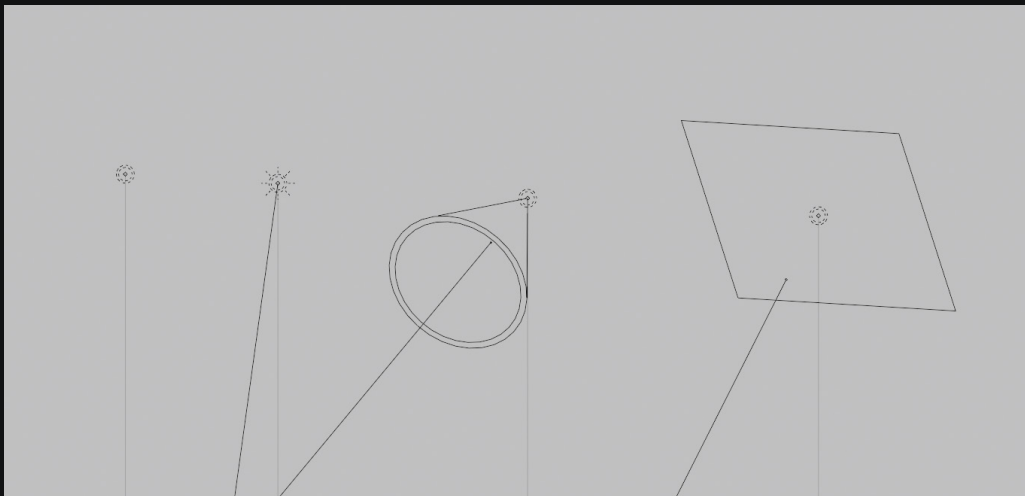
Al mismo tiempo, se planteó otra familia iconográfica para representar a las luces y sus iconos



dentro de Blender. Si bien Blender ya cuenta con íconos que representan a cada fuente de luz, estos se verían fuera de lugar si no combinan con el estilo visual de los íconos que se van a desarrollar.



Si bien se va a desarrollar una segunda familia iconográfica para representar a las luces, los iconos de esta familia deben mantenerse fieles a los iconos originales de Blender, y representar de manera correcta a cada fuente de luz.





4.1.3 Paleta cromática

La paleta cromática seleccionada para el desarrollo metodológico y visual de las guías didácticas está integrada por una taxonomía de seis colores: verde, cian, magenta, amarillo, blanco y negro. Esta selección responde a una rigurosa planificación conceptual que articula y contrasta las dos teorías fundamentales de la reproducción cromática: la síntesis aditiva (colores luz) y la síntesis sustractiva (colores pigmento).

Por un lado, el cian, el magenta y el amarillo constituyen la tríada de colores primarios de la síntesis sustractiva (modelo CMY), representativa del soporte editorial físico y de los folletos impresos que sustentan la guía didáctica. Por otro lado, la incorporación del color verde opera como un puente conceptual y semiótico que introduce al estudiante en la síntesis aditiva o modelo de color luz (RGB: Red, Green, Blue), el cual rige la reproducción cromática en las pantallas de los dispositivos móviles que proyectan la realidad aumentada, y de la pantalla del computador en el que el estudiante interactúa con Blender para poner en práctica los conocimientos de la guía. Esta combinación de espectros permite establecer una analogía visual directa y comprensible entre los pigmentos tangibles del papel y los fotones intangibles emitidos por la interfaz digital. La paleta se complementa formalmente con los extremos del contraste lumínico: el blanco, que simboliza la presencia y el valor de la luz, y el negro, que actúa como el vacío fértil y representa la ausencia absoluta de iluminación en la escena tridimensional.

En lo que respecta a la parametrización del color para el diseño de la interfaz y las ilustraciones, los tonos originales de la paleta fueron ajustados hacia valores de alta saturación y luminosidad (vibrancia). Esta decisión proyectual obedece a un doble propósito: funcional y pedagógico. En primer lugar, la vibrancia formal cromática resulta visualmente coherente con el concepto abstracto de la luz que vertebra pedagógicamente la

guía. En segundo lugar, al tratarse de un sistema de micro aprendizaje diseñado para el entorno digital, estos tonos estimulan la atención focalizada del público objetivo —estudiantes universitarios de diseño gráfico—, lo que mitiga la fatiga atencional característica de la interacción con pantallas de dispositivos móviles y optimiza el proceso de andamiaje cognitivo.

Cian (Cromía de Identificación: *Spotlight* / Foco Dirigido)

Fundamento desde la Psicología del Color (Heller): En la psicología del color, el cian y las tonalidades azuladas claras se asocian intrínsecamente con la dimensión de la intelectualidad, la precisión técnica, el control y la perspectiva científica (Heller, 2004). Al ser un color frío y estructural, evoca sensaciones de claridad mental y distanciamiento reflexivo, cualidades necesarias para comprender el direccionamiento geométrico y riguroso de una luz focalizada.

Significación Semiótica y Aplicación en Blender: Desde la semiótica de Peirce (1974), el cian opera en este sistema como un **signo indicial** de direccionalidad y concentración del haz lumínico. Representa la demarcación geométrica del cono de luz característico del *Spotlight*. Barthes (1986) clasifica la imagen en niveles denotativos y connotativos; aquí, la denotación del cian delimita la frialdad matemática del eje de rotación y el ángulo del cono (*Cone Angle*), mientras que connota precisión teatral, suspenso e intencionalidad dramática. Al utilizar el cian en el folleto técnico de esta luz, se introduce al estudiante en un código de "enfoco" y "dirección analítica".

Magenta (Cromaática de Identificación: *Area Light* / Luz de Área)

Fundamento desde la Psicología del Color (Heller): El magenta es conceptualizado por Heller (2004) como el color de la transgresión, la contemporaneidad y la



síntesis creativa. No pertenece al espectro cromático natural directo (es una mezcla extra espectral), lo que le confiere un carácter marcadamente artificial, de diseño y de estudio profesional. Se vincula psicológicamente con la sofisticación artística, la armonía moderna y una fuerza que, a pesar de ser intensa, carece de la agresividad del rojo puro, transmitiendo una sensación de delicadeza energética.

Significación Semiótica y Aplicación en Blender: En el marco de la semiótica visual de Umberto Eco (1976), el magenta actúa como un código icónico de la iluminación de estudio fotográfico contemporáneo (simulando los difusores o *softboxes* LED modernos). Denota estética artística y connota el concepto de "luz envolvente", "calidad estética" y "suavizado de volumen". Funciona como un signo de alto valor cualitativo, ideal para la representación de la *Area Light* y para codificar visualmente la regla de oro: *"A mayor tamaño aparente, mayor suavidad en las sombras"*.

Amarillo (Cromática de Identificación: Sun / Luz de Sol)

Fundamento desde la Psicología del Color (Heller): El amarillo es el color de la energía lumínica, el optimismo, el entendimiento intelectual y la calidez natural por excelencia (Heller, 2004). Psicológicamente, es el tono más cercano a la luz blanca pura del día, estimulando la actividad mental y la asimilación rápida de datos espaciales.

Significación Semiótica y Aplicación en Blender: Semióticamente, el amarillo funciona como un **ícono analógico** directo del Sol y de la radiación solar diurna (Peirce, 1974). Denota la luz direccional de intensidad constante en Blender, cuyas sombras se proyectan de manera perfectamente paralela sin importar la ubicación tridimensional de la luminaria en el *viewport*. Connota "naturalismo", "exterioridad" y "luz dominante (*Key Light*)". El uso del amarillo permite que el estudiante asocie instantáneamente la flecha direccional del *Sun*

Light con el comportamiento atmosférico terrestre, facilitando la transferencia de sus conocimientos fotográficos previos hacia la interfaz digital.

Verde (Cromática de Identificación: Point Light / Punto de Luz u Omnidireccional)

Fundamento desde la Psicología del Color (Heller): Para Heller (2004), el verde es el color del equilibrio, la seguridad, la esperanza y el "punto de partida" natural. Es un tono intermedio en el espectro visible que genera estabilidad psicofisiológica, actuando como un espacio de descanso y neutralidad visual antes de la exploración cromática avanzada.

Significación Semiótica y Aplicación en Blender: En la semiótica del diseño didáctico, el verde se establece como el signo de la fuente elemental y omnidireccional. Denota la estructura básica de la *Point Light* (un punto matemático infinito que emite fotones en todas direcciones, similar a una vela o bombilla incandescente). Connota "origen", "neutralidad" y "punto de partida". Al asignarse al folleto número uno, el verde transmite semióticamente al estudiante universitario que este es el peldaño introductorio de su aprendizaje, un entorno seguro libre de la complejidad direccional de los focos o los soles virtuales.

Blanco (Cromática de Interfaz: Textos y Datos Técnicos)

Fundamento desde la Psicología del Color (Heller): El blanco representa la pureza, la verdad, el vacío fértil, el comienzo y la máxima claridad (Heller, 2004). Al no poseer tintes cromáticos competitivos, psicológicamente transmite un mensaje de transparencia conceptual y veracidad científica.

Significación Semiótica y Aplicación en Blender: Desde la teoría lingüística y semiótica del diseño editorial (Dondis, 1973), el blanco puro sobre fondos oscuros funciona como un signo de **máximo contraste legibilidad** y orden sistemático. Denota el código lingüístico directo



(texto explicativo, magnitudes en vatios o grados Kelvin) y connota neutralidad científica, minimalismo pedagógico y ausencia de ruido semántico. Asegura que el estudiante de diseño gráfico absorba el contenido explicativo sin distracciones secundarias.

Negro (Cromática de Interfaz: Fondo Editorial y de Realidad Aumentada)

Fundamento desde la Psicología del Color (Heller): El negro es el color de la elegancia, el misterio, el infinito y la oscuridad absoluta (Heller, 2004). Psicológicamente, proporciona el escenario ideal para la introspección visual y el surgimiento del color y la luz, actuando como el contenedor del espectro visible.

Significación Semiótica y Aplicación en Blender: Semióticamente, el fondo negro denota la **ausencia de luz** y representa de manera exacta el concepto de "iniciar en la oscuridad" (*start in darkness*) teorizado por los directores de iluminación digital como Birn (2014). Connota "espacio tridimensional infinito (*viewport* de renderizado)" y "sofisticación técnica". En términos de semiótica educativa, el fondo negro de las guías impresas y los marcadores de Realidad Aumentada (Artivive) es el soporte sobre el cual los colores cian, magenta, amarillo y verde se desprenden con máxima brillantez indicial, simulando visualmente cómo la luz esculpe y rescata las formas de la nada física.

4.1.3.1 Matriz Sintética de Codificación Técnico-Semiótica

Tabla 10_Codificación semiótica de la paleta cromática

Elemento Cromático	Objeto en Blender (Denotación)	Concepto Psicológico (Heller)	Signo Semiótico (Peirce / Eco)	Connotación Educativa
Cian	Spotlight (Foco)	Intelectualidad, control, precisión fría.	Signo indicial de haz direccional cónico.	Enfoque, delimitación y dramatismo controlado.
Magenta	Area Light (Luz de Área)	Contemporaneidad, audacia de estudio, armonía.	Icono de superficie difusa (softbox digital).	Suavidad de volumen y modelado estético de la piel.
Amarillo	Sun (Sol)	Energía diurna, optimismo, luz natural.	Icono analógico de radiación solar infinita.	Iluminación de exteriores y dirección dominante (Key).

Verde	Point Light (Punto)	Equilibrio, seguridad, punto de partida.	Signo del punto de emisión omnidireccional.	Origen elemental, base didáctica y sencillez espacial.
Blanco	Tipografía explicativa	Transparencia, verdad, máxima claridad.	Código lingüístico de alto contraste.	Ausencia de ruido visual, orden y precisión técnica.
Negro	Fondos y Marcadores	Misterio, infinito, elegancia estructural.	Representación de la oscuridad absoluta.	Espacio vacío de renderizado, contraste de interfaz.

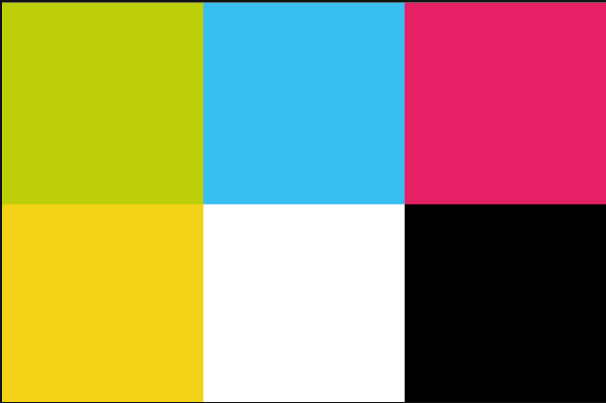


figura 2 Paleta Cromática del Proyecto

4.1.4 Escenario

Dentro de los requerimientos de diseño del proyecto, se determinó la necesidad de proyectar un entorno tridimensional controlado que sirva como soporte para las animaciones interactivas en Realidad Aumentada (RA). Este espacio tiene como propósito fundamental permitir que el usuario evalúe de forma empírica la incidencia de las fuentes lumínicas sobre la volumetría de los objetos y el personaje. Asimismo, el escenario dota a este último de un contexto espacial propicio para la ejecución de secuencias animadas que materialicen didácticamente las variables conceptuales abordadas en la guía.



En términos de identidad espacial, el diseño del entorno evoca la estética y funcionalidad característica de los sets de grabación empleados por plataformas referentes de educación en línea, tales como Domestika y Crehana. Dichos espacios se estructuran bajo una configuración visual que el espectador percibe como confortable a la par que formal, emulando la atmósfera de un estudio profesional idóneo para el desenvolvimiento del ámbito creativo.



Ilustración 3 set de Domestika



Ilustración 4 set de Crehana 1



Ilustración 5 Set de Crehana 2

4.1.5 Estilo tipográfico

La arquitectura visual del producto educativo de este proyecto requiere una fundamentación sistemática de sus componentes tipográficos. Para ello, se determinó la utilización exclusiva de familias tipográficas pertenecientes al estilo *Sans-Serif* (sin remates o palo seco). Desde una perspectiva morfológica, la ausencia de remates o terminales decorativas dota a estos caracteres de una neutralidad visual y estética que, de acuerdo con Lupton (2016), carece de una "voz" o tono predeterminado por su propia forma estructural. Esta aparente invisibilidad formal resulta idónea para sistemas visuales interactivos y didácticos, ya que evita condicionar de antemano la interpretación cognitiva del receptor y permite que el foco de atención permanezca estrictamente en la jerarquía y el contenido de la información.

Asimismo, la claridad de lectura en entornos editoriales combinados con tecnologías de Realidad Aumentada (RA) exige que los caracteres presenten una alta legibilidad. Las familias tipográficas de estilo *Sans-Serif* reducen la fatiga atencional del usuario gracias a que

facilitan la rápida decodificación y distinción individual de cada carácter, incluso ante variaciones físicas de contraste y escala espacial propias del uso de pantallas de dispositivos móviles (Tschichold, 2003). Al eliminar el ruido visual propio de las fuentes tradicionales con remates, se optimiza lo que Bringhurst (2008) denomina la "claridad orgánica" del texto, estableciendo un flujo de lectura fluido, moderno y con una alta adaptabilidad a los diferentes soportes gráficos que estructuran la guía didáctica.

4.1.6 Conceptualización de personaje

Para el diseño del personaje se identificó que el uso de una imagen masculina o femenina puede segregar a los usuarios del producto, esto se debería a que los usuarios pueden sentir una falta de identificación con el personaje, lo que causaría desinterés por el uso de la guía. Razón por la que se descartó la idea del uso de un personaje que represente a una persona del género masculino o femenino.

Al mismo tiempo, el uso de un personaje neutro como un "dummy" antropomorfo, sin caracterización podría ser



percibido como poco interesante, irrelevante y sin vida, lo que afectaría al producto de manera negativa, al no captar la atención del usuario causando que no cumpla su objetivo de ser un material didáctico que sea utilizado por jóvenes universitarios.

Estas observaciones permitieron definir que el personaje debería ser lo más neutro posible, para que no cause problemas de identificación por el segmento masculino o femenino del grupo objetivo del proyecto, pero que al mismo tiempo no debería ser un personaje "carente de vida" que parezca un maniquí que sea incapaz de conectar con los usuarios.

Tomando en cuenta lo mencionado, se decidió utilizar un personaje de estilo cartoon, que resulta atractivo para los usuarios dentro del público objetivo. A pesar de ser un personaje cartoon, el estilo visual no puede ser percibido como ficticio, sino que acercarse lo más posible a un estilo realista, donde se puede apreciar como los materiales y texturas son afectados por la iluminación, con esto el estudiante puede observar de forma pasiva como cada material es afectado por la iluminación.

Además del estilo del personaje, se encontró la necesidad de que esté acompañado de accesorios de materiales diferentes, sobre los cuales se puede ver como la luz afecta a un material de poca rugosidad, un material metálico, entre otros.

4.1.7 Recursos gráficos

Elementos de la guía, como pueden ser portadas o posibles portadillas, van a necesitar un elemento ornamental, un recurso gráfico que ayude en los apartados visual y funcional, donde sea un recurso que sea llamativo a la vista del usuario y que sirva para codificar las secciones por medio del uso de los colores establecidos en la paleta cromática.

Estos recursos tienen que ser representaciones de la luz. Se contempló el uso de degradados, con formas orgánicas y abstractas, esto representaría a la luz como una onda, a su vez se le agregaría un efecto de granulado para conectar gráficamente el concepto de la luz como una partícula.

Los degradados deberán ser producidos de manera independiente para el uso dentro de cada uno de los folletos que conforman al producto final. Y se les aplicará el color correspondiente que esté definido para la guía.

4.1.8 Triggers para realidad aumentada

Los triggers son un elemento crucial para el funcionamiento de este proyecto, por lo cual necesitan un planteamiento estratégico y claro. El diseño de los triggers está pensado en que sean renders, cada uno representa de la manera más clara posible lo que quiere decir el contenido verbal que lo respalda, por ejemplo, si se habla de "*luz suave y luz dura*", la imagen tiene que representar de la manera más clara posible eso.

Otro tipo de trigger necesario para ser aplicado dentro del folleto del esquema de 3 puntos, es uno que muestre un modelo 3D para que el usuario pueda entender como están ubicadas las luces que conforman el esquema de iluminación. Estos triggers vendrían a ser diagramas, que tienen que ser lo suficientemente claros para que comuniquen por si solos, de la mejor manera posible, como están ubicadas las luces.

4.1.9 Diseño editorial

Para el diseño editorial de las guías se tiene que apuntar a un diseño que sea lo suficientemente flexible, que permita jugar con las proporciones de los elementos, como los triggers, ubicación de los cuerpos de texto, iconografía y titulares. Una diagramación que permita variar la distribución de los elementos cuando sea necesario, pero que a su vez permita que el producto



final esté conformado por una estructura clara.

4.1.10 Tamaño y formato de los folletos

El tamaño final para los folletos que conforman esta guía tiene que ser manejable y cómodo de usar con una sola mano, puesto que están pensados para usarse con Realidad Aumentada. Con esto claro, se descarta un tamaño como A4.

Uno de los formatos que mejor se acomodaría a la funcionalidad sería el A5, pero puede resultar algo incomodo al usarse en formato vertical, y en horizontal se vuelve más problemático si manejo, porque al momento de estar abierto se vuelve demasiado ancho.

Un formato cuadrado es el que mejor se acoge a la necesidad del formato. Es fácil de manejar con una sola mano, y al momento de estar abierto no se vuelve complicada su usabilidad. Las medidas tienen que responder a esto, no ser demasiado pequeñas para que la lectura sea incomoda y pesada a la vista, pero al mismo tiempo no pueden excederse hasta llegar al punto de ser pesado en la mano o incomodo. El tamaño óptimo sería un tamaño de 14x14cm.

4.1.11 Empaque

El empaque es un punto importante para este proyecto, ya que hace que cada pieza se sienta parte de un conjunto. Aparte de la función de proteger a los folletos, el empaque va a cumplir la función de ser un exhibidor, una pieza que puede estar presente en el escritorio del estudiante y que le brinde un acceso rápido y cómodo a cada uno de los folletos.

4.1.12 Capsulas de animación

Las secuencias animadas de este proyecto se estructurarán en estricta correspondencia con el contenido conceptual y textual de la guía interactiva. Por ejemplo, al explicar cómo la variación del radio de

una luz de punto (*point light*) altera las propiedades de la escena, la animación correspondiente reflejará de manera explícita dicho comportamiento morfológico dentro de los apartados de funcionamiento y aplicación práctica de los folletos.

Para los recursos enfocados en retos didácticos, simulaciones lumínicas sobre el modelado o la demostración del esquema de tres puntos (*3-point lighting*), los renders integrarán al personaje como el sujeto principal de la composición. En estos casos, la cámara implementará encuadres fijos u órbitas dinámicas alrededor del personaje con el propósito de evidenciar la transición de las zonas de iluminación y la proyección de sombras.

De manera complementaria, se incorporarán elementos gráficos en movimiento (*motion graphics*), desarrollados mediante el software Adobe After Effects, los cuales funcionarán como soporte de las animaciones tridimensionales principales. Estas inserciones dinámicas representarán de forma sintética componentes específicos de la interfaz de Blender, tales como menús contextuales o controladores analógicos de los parámetros de cada fuente de luz.



4.2 Proceso de formalización

4.2.1 Retícula de diagramación para diseño editorial

El proyecto tiene como función ser una herramienta educativa para un público juvenil, conformado por estudiantes universitarios dentro del rango de edad de dieciocho a veinticuatro años. El desafío del proyecto es retener la atención del usuario por lo que se planteó el desarrollo de un diseño que sea lo menos estático posible, donde se pueda presentar el contenido de manera dinámica, en la que pueda cambiar la distribución de los elementos de acuerdo con la necesidad del contenido de cada página.

Se utilizará una retícula modular para la maquetación de la guía, conformada por 6 columnas y 9 filas. Esta retícula permite jugar con la disposición de los elementos, sea texto, imágenes o iconografía para conseguir un producto dinámico que sea interesante visualmente.

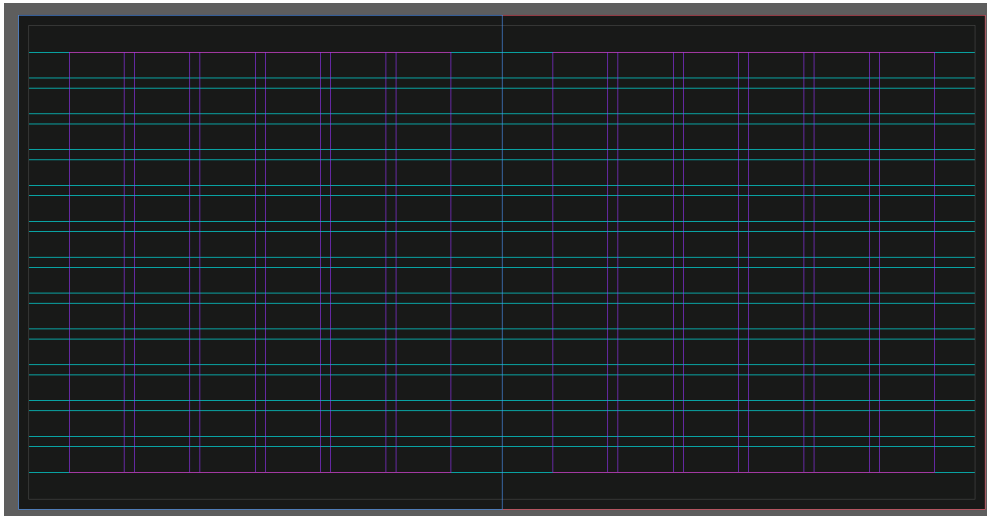


Ilustración 6 Retícula de diagramación Editorial

4.2.2 Diseño Iconográfico

Para la definición de la retícula constructiva de la iconografía se recurrió primero al concepto, el píxel. las pantallas están conformadas por una gran cantidad de píxeles, los cuales están agrupados por una cuadrícula, esto se extrapoló al diseño, donde la retícula de construcción para los iconos es una retícula cuadrada (cuadrícula). Se definió que el tamaño debía ser de



diez módulos de ancho por diez de alto.

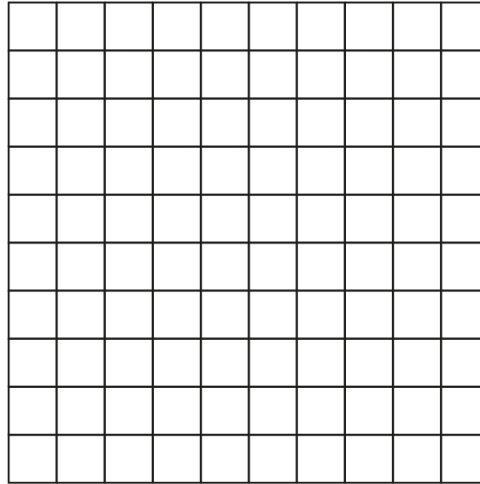
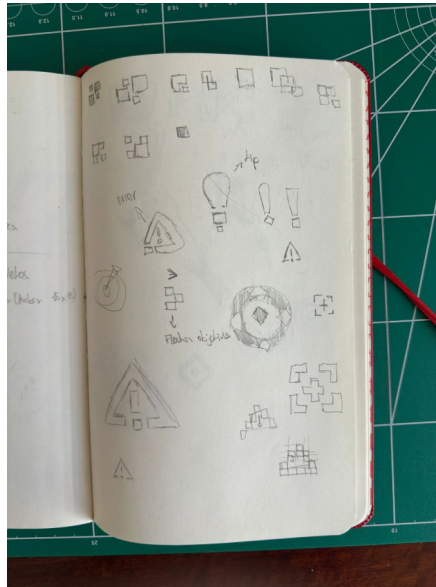


Ilustración 7 Retícula de construcción de íconos

Una vez definido el tamaño de la retícula, se empezó la exploración de las formas e ideas para la construcción de los íconos. Se realizó una investigación sobre los íconos usados comúnmente para las ideas que se buscaba representar. una vez identificados las representaciones comunes, se empezó el desarrollo inicial, es decir, partiendo desde el bocetaje en lápiz.





Una vez se realizó la exploración de ideas y bocetaje se escogieron las mejores ideas y se pasó a la construcción de los íconos en Adobe Illustrator, utilizando la retícula definida.

Para las formas construidas a partir de módulos, se usa todo el módulo. Para la construcción de formas orgánicas que no obedecen la naturaleza de la retícula, se estableció el uso de un trazado de 4pts para que sea uniforme con el grosor de los módulos de la retícula.

En íconos donde no fue esencial representar una forma orgánica, se giró 45° al módulo para simular una circunferencia, esto puede verse reflejado en el detalle inferior del ícono de tip, o en la composición general del ícono planteado para objetivos.

A continuación, se puede observar una tabla con la versión final de cada ícono, acompañada de la justificación semiótica aplicando el modelo triádico de Pierce.

1. Familia iconográfica 1

Ícono: Objetivo			
Representación gráfica	Descripción Formal / Síntesis	Dimensión Semiótica	Significado / Propósito Didáctico
 Ilustración 8 ícono para representar "objetivo"	Reinterpretación geométrica de una diana (blanco de tiro) con un dardo en el centro. Uso de líneas limpias y síntesis de forma.	Representamen: Estímulo visual de la diana y el dardo.	Objeto: La meta, el propósito o el logro que se persigue en la sección.
		Tipo de Signo: Ícono	interpretante: El estudiante comprende de forma inmediata el fin educativo de la actividad al asociar el estímulo visual con el concepto de "llegar a la meta".

Tabla 11_justificación del ícono de "Objetivo"



Ícono: Reto			
Representación gráfica	Descripción Formal / Síntesis	Dimensión Semiótica	Significado / Propósito Didáctico
 Ilustración 9 ícono para representar "Reto"	Reinterpretación geométrica bidimensional de una cumbre montañosa coronada por una bandera en su ápice. Síntesis morfológica simplificada mediante vectores de alta definición lineal.	Representamen: Configuración gráfica y formal del estímulo visual (montaña y bandera).	Objeto: La culminación de un módulo de aprendizaje, el cierre definitivo de una etapa o la consecución de un hito proyectual.
		Clasificación del Signo: Funciona de forma híbrida como un ícono (analogía física con la cima) y un símbolo (metáfora cultural del éxito).	interpretante: El estudiante procesa el signo como un indicador de logro superado, estimulando cognitivamente la percepción de progreso formativo dentro de la guía.

Tabla 12_ justificación del ícono de "Reto"

Ícono: Tip			
Representación gráfica	Descripción Formal / Síntesis	Dimensión Semiótica	Significado / Propósito Didáctico
 Ilustración 10 ícono para representar "Tip"	Síntesis lineal e iconográfica de una luminaria incandescente convencional (bombilla). Contornos limpios y limpios que minimizan el ruido visual estructural.	Representamen: El vector materializado que simula la anatomía de una bombilla eléctrica.	Objeto: Una recomendación técnica puntual, un dato clave del flujo de trabajo o una pauta metodológica de alta relevancia.
		Clasificación del Signo: Coexiste como un ícono referencial y un símbolo arraigado a la iluminación intelectual u originalidad	interpretante: El usuario decodifica el estímulo visual y optimiza su atención sostenida hacia el andamiaje textual adyacente, reconociendo que allí existe una instrucción estratégica.

Tabla 13_ justificación del ícono de "Tip"

Ícono: Escaneo			
Representación gráfica	Descripción Formal / Síntesis	Dimensión Semiótica	Significado / Propósito Didáctico
 Ilustración 11 ícono para representar "Escaneo"	Reinterpretación abstracta y minimalista de la estructura perimetral de un código QR tradicional, adaptada para integrarse a una composición editorial fluida.	Representamen: La morfología geométrica del encuadre y las marcas de posicionamiento visual. Clasificación del Signo: Se establece como un símbolo tecnológico contemporáneo y un índice operativo (indica que hay datos ocultos interactivos).	Objeto El activador o disparador digital (trigger) que enlaza el soporte impreso con la interfaz inmersiva. interpretante: El estudiante universitario asocia el marcador gráfico con una acción interactiva inmediata, disponiendo la cámara de su dispositivo móvil para desplegar la Realidad Aumentada (RA).

Tabla 14_ justificación del ícono de "Escaneo"



Ícono: Error			
Representación gráfica	Descripción Formal / Síntesis	Dimensión Semiótica	Significado / Propósito Didáctico
 Ilustración 12 ícono para representar "Error"	Construcción gráfica de un triángulo equilátero que contiene un signo de exclamación centralizado. Esquema sintético de advertencia formal.	Representamen: El estímulo bidimensional del contorno triangular y la grafía de interrogación.	Objeto: Un fallo algorítmico potencial en el software, un error procedimental en Blender o un comportamiento lumínico incorrecto que se debe evitar.
		Clasificación del Signo: Opera como un símbolo de alerta universalizado y un índice de precaución inmediata en interfaces de usuario (UI).	interpretante: El lector interpreta el signo como un elemento de restricción y peligro técnico, modificando su comportamiento práctico para evitar repetir el equívoco ilustrado en la guía.

Tabla 15_ justificación del ícono de "Error"

Para la construcción de la segunda familia iconográfica, la que representa a las fuentes de iluminación disponibles en Blender, se utilizó la misma retícula como estructura general. Debido a que ya poseen un ícono identificador dentro del programa, se realizó la reinterpretación de esos iconos, para adaptarlos a la línea grafica del proyecto. Un recurso común que comparten con la primera familia iconográfica es la utilización del cuadrado girado 45° para representar el punto desde el cual proyectan la luz cada una de las fuentes del programa. Para la justificación semiótica de esta familia iconográfica se aplicó el modelo diádico de de Saussure, debido a que se parte de una representación ya existente de estos íconos y se los adapta al lenguaje visual del proyecto.



Familia iconográfica 1



Familia iconográfica 2: fuentes de iluminación



Ilustración 13 Iconografía del proyecto

Adicionalmente, se realizó una personalización de los números 1, 2, 3, y 4, para aplicarlos de manera iconográfica, con el fin de enumerar objetivos o clasificar "episodios" dentro del folleto del esquema de iluminación de 3 puntos. Estos números fueron contruidos con la misma retícula establecida para los íconos.

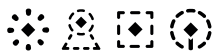


Ilustración 14 Personalización de números

4.2.3 Selección Tipográfica

Se seleccionaron tres familias tipográficas para aplicarlas en el diseño editorial de las guías. Las tres tipografías son del estilo Sans Serif, un estilo de tipografía moderna, y de alta funcionalidad que se apega al concepto y al público objetivo.

Las tipografías seleccionadas fueron:

- **Thunder**

Es una tipografía de tipo *display*, es decir que está pensada para usarse con un tamaño grande para que pueda ser legible y que llame la atención del lector. Se utilizó para los títulos en el diseño de las portadas de cada una de las guías. Es una tipografía geométrica y de peso variable. Dentro de las opciones de peso y contraste que ofrece esta tipografía, se utilizó el peso **Bold**, para generar una mancha tipográfica ancha, y la variable *Low Contrast*, la cual tiene poco contraste entre sus rasgos, es decir, que los trazos de cada letra son homogéneos.



Thunder

Aa

Ilustración 15 Ejemplo tipografía THUNDER

- Grift

Esta tipografía fue seleccionada para los títulos y subtítulos, en su variación Bold y con un tamaño de 24 puntos para títulos y 18 en subtítulos. Fue seleccionada para esta función porque es construida a partir de formas geométricas puras, se puede observar cómo sus caracteres circulares como las letras "o" y "e" minúsculas son casi un círculo perfecto, esto a tamaños reducidos dificultarían la legibilidad, pero al usarse en un tamaño menor se pierde ese problema.

Su variante Bold es adecuada para el uso en titulares y subtítulos, ya que tiene un buen peso visual, haciéndola una buena opción para destacar jerárquicamente en las páginas de la guía.

Grift

Aa

Ilustración 16 Ejemplo tipografía GRIFT

- Certia

Es la tipografía que se definió para ser utilizada en los textos de la guía. Es geométrica y consta de varios pesos, la cual la hace óptima para ser utilizada en un tamaño menor en cuerpos de texto sin que pierda legibilidad. En general sus distintas variables son de un menor peso visual a las de la familia tipografía de Grift, pero está mejor optimizada para cuerpos de texto porque, si bien es una tipografía geométrica, no son formas tan puras como las que se pueden encontrar en Grift, lo que quiere decir que en su proceso de diseño se tomó en cuenta el realizar ajustes ópticos para favorecer la legibilidad.

Para aplicarla en los cuerpos de texto de la guía se utilizó su variante Regular, con un tamaño de 10 puntos.



Certia

Aa

Ilustración 17 Ejemplo tipografía CERTIA

4.2.4 Diseño editorial: diseño de folletos

Tras la definición de la retícula para la diagramación de los folletos, la consolidación del sistema iconográfico y la edición de los contenidos se procedió con la fase de diseño editorial del producto. Cada uno de los folletos constituyentes de esta guía adoptó la misma retícula modular, con el propósito de asegurar una estructura visual común que normara la distribución, legibilidad y adaptación de la información.

La etapa inicial del desarrollo editorial consistió en la elaboración de los correspondientes machotes o maquetas para cada folleto. Este proceso se ejecutó de forma analógica sobre pliegos de papel, lo que permitió proyectar de manera preliminar la distribución

espacial de la información, establecer las jerarquías de los componentes gráficos y predeterminar la extensión total de páginas de cada ejemplar.

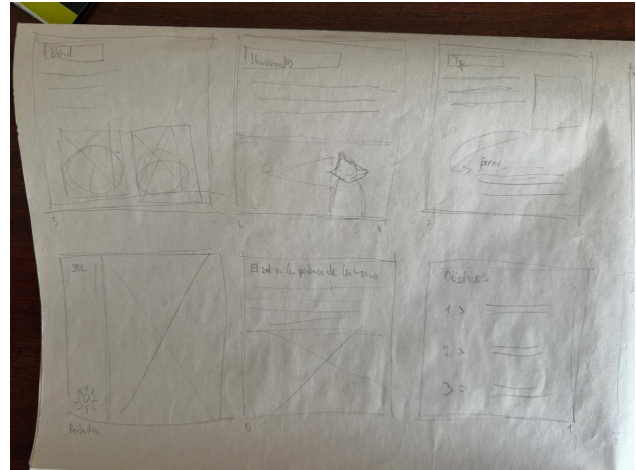


Ilustración 18 Machote fuentes de iluminación

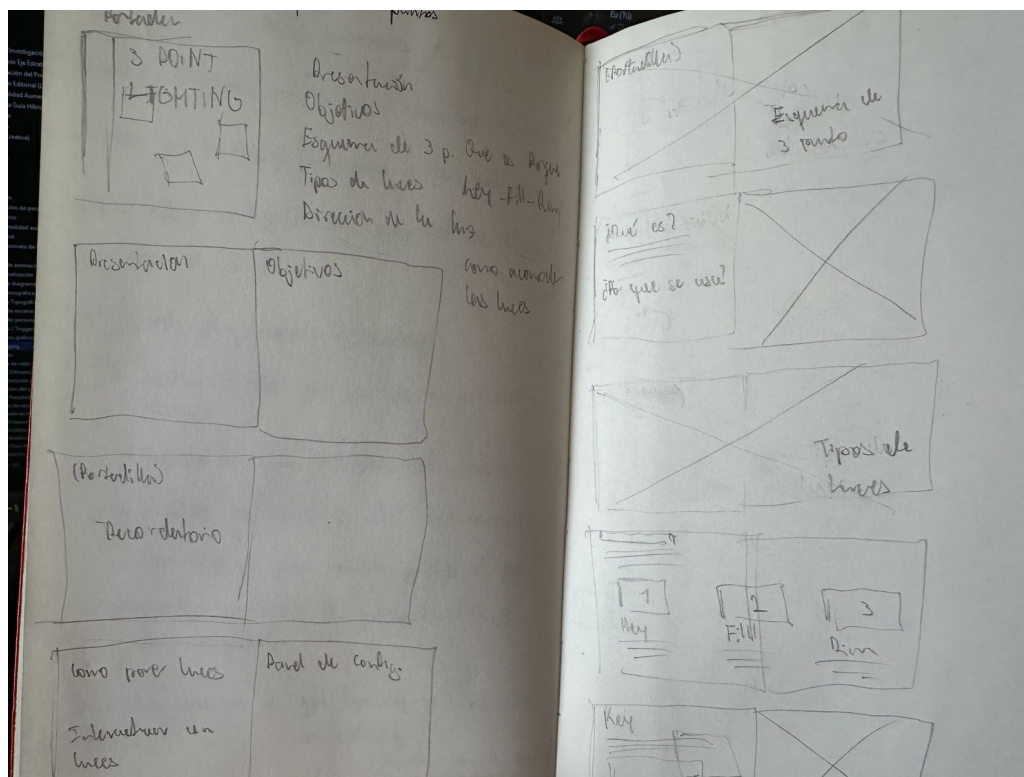


Ilustración 19 Machote folleto 3 point lighting

Con los contenidos pre-diagramados sobre el soporte físico, se desarrolló un primer esbozo digital mediante el software Adobe Illustrator para evaluar las proporciones relativas de los elementos. Esta fase de transición facilitó el esclarecimiento de las pautas compositivas antes de proceder a la maquetación definitiva en el programa Adobe InDesign.

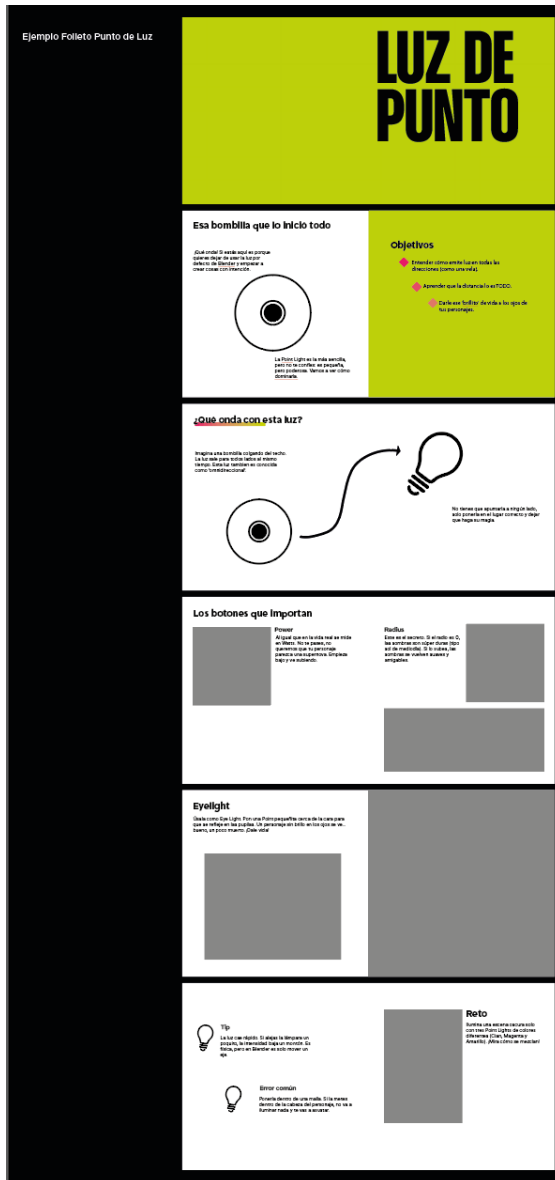


Ilustración 20 Boceto digital inicial del folleto realizado en Adobe Illustrator

Con el fin de optimizar el reconocimiento visual de cada folleto, se aplicó el código cromático preestablecido para cada fuente de iluminación en la portada. Específicamente, se dispuso un borde perimetral de 1.5 cm de ancho con el color asignado, espacio donde se ubicó el ícono identificador de la luminaria junto a su nomenclatura; esto garantiza la visibilidad de este perfil técnico cuando el usuario interactúa con el empaque/exhibidor. Asimismo, la portada incorpora un render tridimensional del ícono de la respectiva fuente de luz y su título verbal.

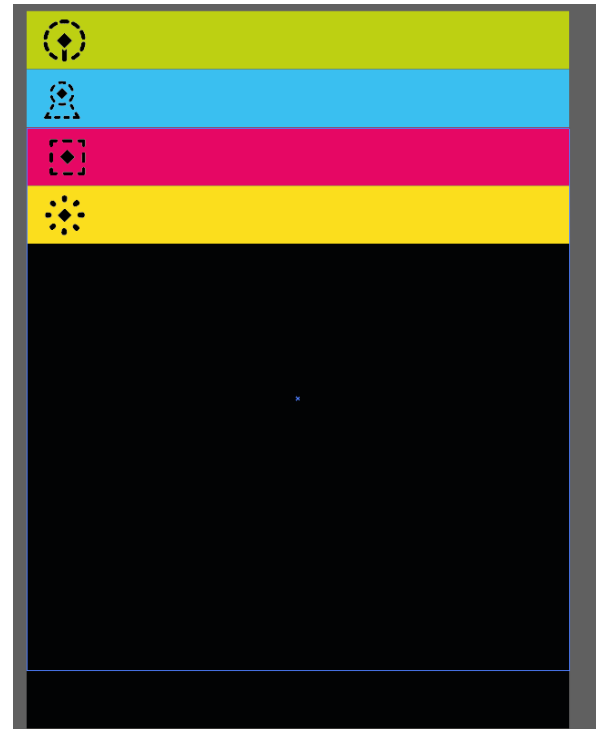


Ilustración 21 Previsualización de los bordes con codificación de color



Ilustración 22 Primer diseño de las portadas

Para el diseño de las contraportadas, se determinó el uso del color identitario de cada volumen como fondo plano, promoviendo una continuidad perceptiva y una inmersión visual en el sustrato. El cierre compositivo se resolvió mediante la inclusión del ícono de la fuente lumínica, mientras que los créditos editoriales se posicionaron en la esquina inferior izquierda. Esta ubicación periférica optimizó el espacio útil, evitando el incremento innecesario del volumen de páginas internas y preservando los criterios de síntesis formal del proyecto.

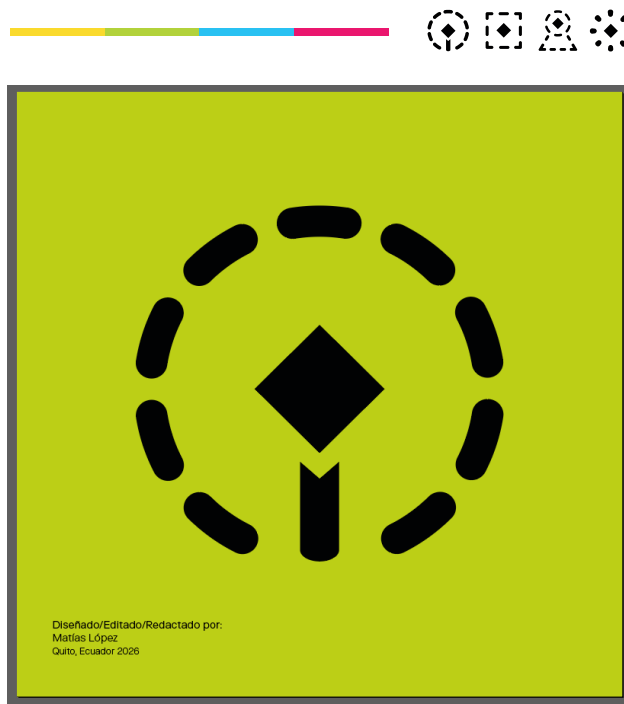


Ilustración 23 Diseño final de contraportada



Ilustración 24 diseño final de portada y contraportada folleto "PUNTO"

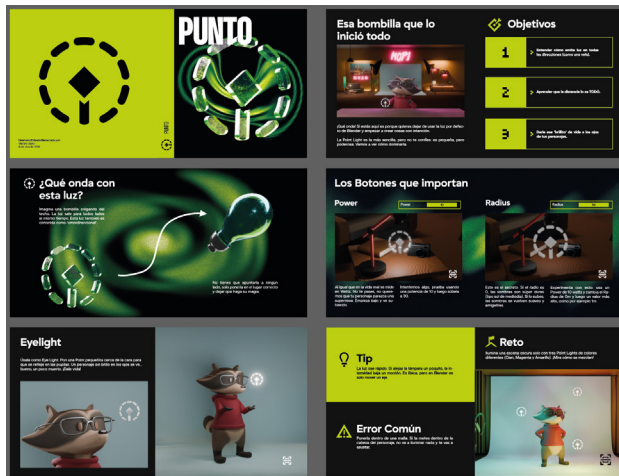


Ilustración 25 Vista general del diseño final: Folleto "PUNTO"

4.2.5 Diseño de escenario

Como se estableció en la fase de conceptualización, el entorno tridimensional se estructuró bajo dos premisas rectoras: la configuración de una atmósfera visualmente estimulante para el espectador y la proyección de un entorno de trabajo confortable y profesional. Este escenario debía constituir el espacio idóneo para el desenvolvimiento del protagonista de la guía interactiva, integrando el equipamiento pertinente para la transmisión didáctica de los conocimientos técnicos.

Tras analizar los sets de grabación de plataformas de aprendizaje en línea como *Crehana* y *Domestika*, se determinaron patrones estéticos recurrentes que fueron capitalizados para evocar un nivel similar de profesionalismo e identidad espacial. Entre estos componentes de diseño destacan: la iluminación de acento en puntos estratégicos para aportar profundidad y textura al fondo; el mobiliario decorativo que refuerza la percepción de un espacio acogedor; la vegetación ornamental que introduce dinamismo orgánico y contraste cromático; y accesorios utilitarios —tales como lámparas, fotografías y elementos de diseño— que otorgan coherencia discursiva al set dentro del ecosistema creativo.

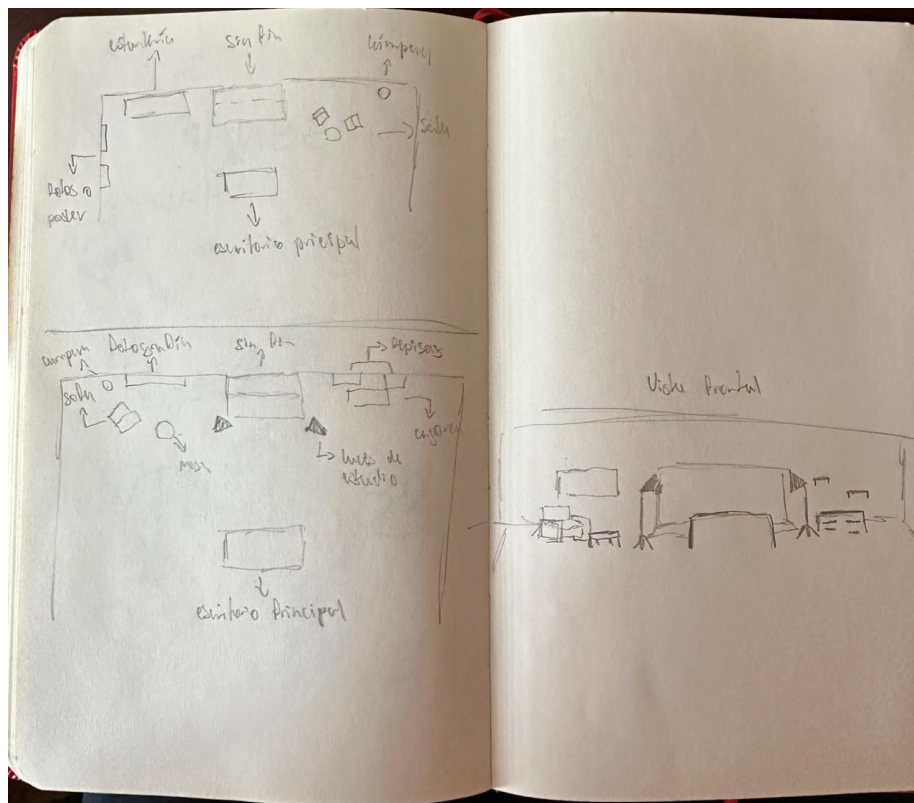


Ilustración 26 Bocetos escenario: vista superior y frontal



Ilustración 27 Vista general del escenario

La integración proyectual de estos elementos se sistematizó directamente en el modelado del set. Para materializar la analogía de un taller o curso especializado de iluminación, se incorporó un fondo fotográfico acompañado por luminarias de estudio digital. Asimismo, se distribuyó vegetación en zonas clave para mitigar la rigidez geométrica del espacio. Finalmente, la iluminación decorativa se consolidó como el eje articulador del escenario, dado que no solo modela los volúmenes y define los planos de profundidad, sino que también segmenta y jerarquiza los microambientes funcionales, como la zona de descanso o sofá.



Ilustración 28 Render de detalle 1, Espacio del sofá

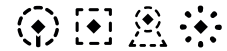


Ilustración 29 Render de detalle 2, Vista frontal (fondo fotográfico sin fin)



Ilustración 30 Render de detalle 3, Cajonera y detalles decorativos

4.2.6 Diseño de personaje

Para el diseño del personaje, se decidió dar continuidad a un modelo de mi autoría que fue diseñado y desarrollado en etapas formativas previas. Esta decisión se fundamentó en que sus características conceptuales y formales se alineaban con los requerimientos establecidos en la fase de conceptualización de este proyecto. El espécimen cumplía, principalmente, con las condiciones de ser un personaje de estilo animado (*cartoon*), con identidad de género indefinida y un acabado visual de texturizado realista.



Este modelo ha transitado por diversas fases evolutivas desde su conceptualización inicial hasta su integración en este proyecto. A lo largo de dicho proceso, experimentó modificaciones sustanciales en su caracterización, así como una estilización y ajuste de sus proporciones anatómicas.

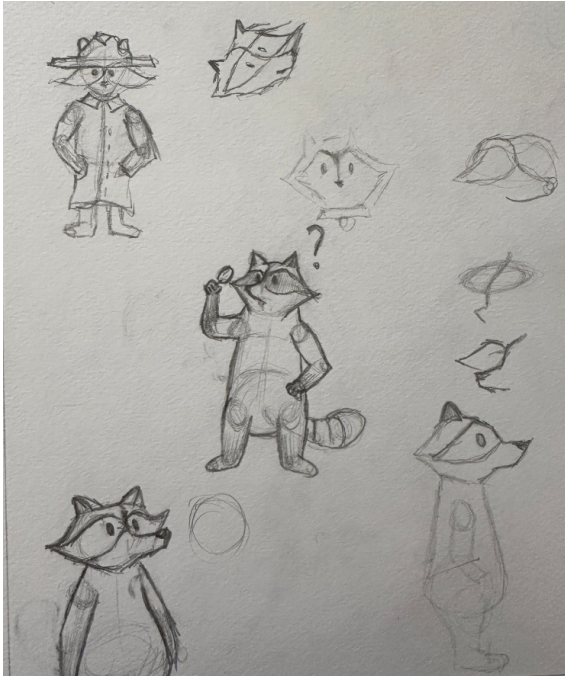
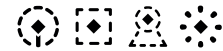


Ilustración 31 Primeros bocetos análogos del personaje

En la fase de concepción inicial, sus formas y proporciones antropomórficas presentaban una estrecha correspondencia con la fisonomía humana. Durante esta etapa, el personaje fue proyectado de manera bidimensional para su aplicación en ilustraciones o animación 2D; asimismo, se definió una paleta de color en escala de grises basada en referencias visuales de mapaches.



o de personaje / Turn-around

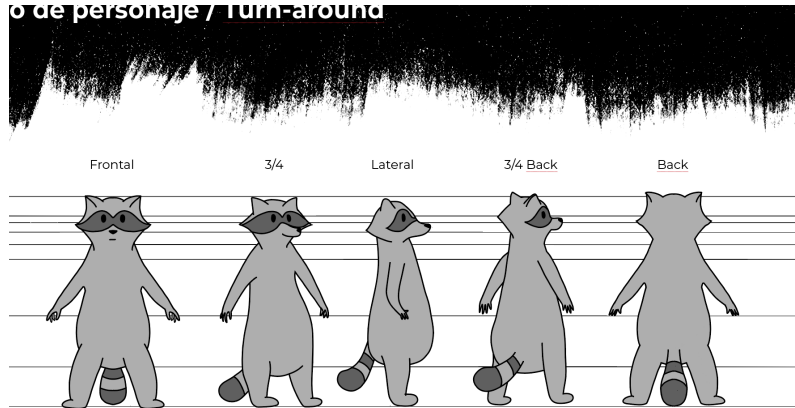


Ilustración 32 Model Sheet del personaje en 2D

Posteriormente, para permitir su inserción en un entorno tridimensional (3D), el modelo requirió una reconfiguración de sus proporciones, las cuales se estilizaron bajo la estética *cartoon*. Entre los cambios morfológicos aplicados destacan la reducción en la longitud de las extremidades inferiores, el incremento proporcional del tamaño de la cabeza y el acortamiento y ensanchamiento del torso. En esta transición evolutiva se mantuvo la paleta de color original para conservar la coherencia visual previa.

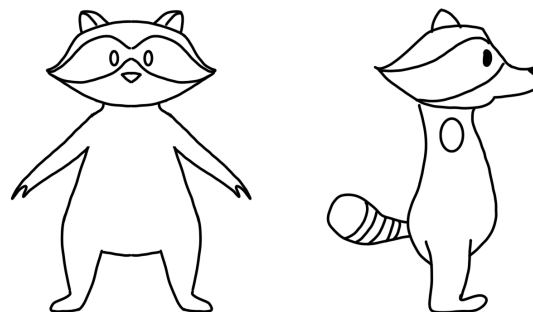


Ilustración 33 Modelsheet para modelado 3D

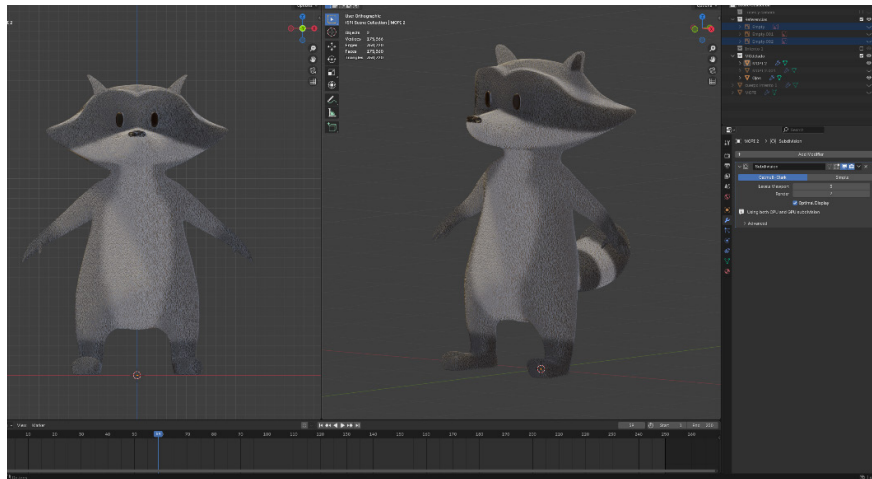


Ilustración 34 Primera versión del Personaje Modelado y Texturizado

No obstante, al momento de integrar el personaje en el presente proyecto, se identificaron nuevos requerimientos técnicos. Estas variaciones no obedecían a la identidad intrínseca del personaje, sino a necesidades específicas del entorno del proyecto. Un ejemplo crítico fue la cromática en escala de grises, la cual absorbía de manera excesiva la iluminación de la escena, impidiendo la visualización de las sombras proyectadas por las luminarias virtuales. Por consiguiente, se realizó un rediseño de la paleta de color, sustituyendo los grises por tonos marrones cálidos extraídos directamente de registros fotográficos de mapaches reales.



Ilustración 35 Referencia de tonalidades en el pelaje de un mapache

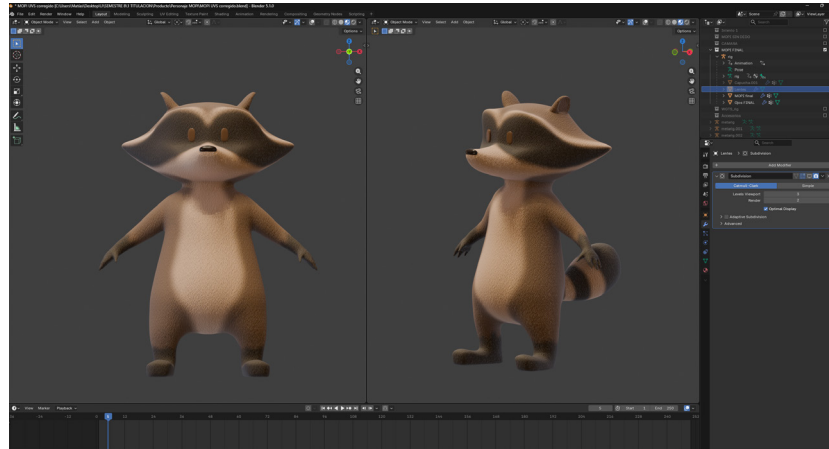
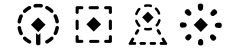


Ilustración 36 Segunda versión del personaje 3D retexturizado

Por otra parte, surgió la necesidad proyectual de demostrar el comportamiento de diversos materiales y texturas bajo la incidencia de la luz, considerando la variabilidad inherente a diferentes elementos tridimensionales. Para solventar este requerimiento, se incorporaron dos accesorios al personaje: un buzo con capucha (*hoodie*) y un par de lentes. Estos elementos permitieron diversificar la gama cromática y de materiales, facilitando el estudio de su interacción con las fuentes de luz configuradas en la escena.



Ilustración 37 Personaje con Accesorios



El buzo introduce una textura textil que enriquece la paleta cromática del personaje, la cual era predominantemente monocromática en sus fases tempranas. Asimismo, por tratarse de una prenda casual e informal, otorga una apariencia juvenil que favorece la empatía y la conexión con el público objetivo, promoviendo una recepción positiva del producto interactivo. Por su parte, los lentes actúan como un recurso estético y técnico ideal para representar una superficie pulida y no rugosa, apta para la reflexión lumínica especular; propiedad que no se podía apreciar en el material textil del buzo ni en la textura orgánica del pelaje debido a sus altos niveles de rugosidad. La elección de una montura metálica plateada no solo facilita este comportamiento óptico, sino que también permite observar de manera clara el reflejo de los colores del propio personaje y de las luminarias configuradas en la escena.



Ilustración 38 Modelado y texturizado de Lentes



Ilustración 39 Modelado y texturizado del buzo con capucha

4.2.7 Renders / Triggers para activación de Realidad Aumentada

Como se especificó en el apartado de *Conceptualización*, los renders (los cuales serán los triggers de la Realidad Aumentada), se desarrollaron a partir del contenido literario de los folletos. Por ejemplo, en el folleto del *Spotlight* se habla del ajuste "Angle" que controla el ángulo de apertura del cono de esta fuente de luz, el render que representa esto muestra el ícono que representa al spotlight proyectando un cono de luz, este cono enfoca a un asset del escenario.



Ilustración 40 Ejemplo de Render (Spotlight: Angle)



El segundo tipo de render desarrollado para actuar como trigger son en los que aparece el personaje. Estos renders, en su mayoría, tienen como propósito mostrar directamente el uso de las fuentes de iluminación sobre el personaje. Un ejemplo podría ser el render que se utilizó para demostrar el efecto de la *Rim light* dentro del folleto de esquema de 3 puntos. En este render se puede observar al personaje iluminado sutilmente por la *key light*, mientras que la *Rim light* está exagerada, con el fin de que el usuario pueda entender con claridad lo que hace esta luz.



Ilustración 41 Ejemplo de Render con personaje

Por último, el ultimo tipo de trigger que se desarrolló para este proyecto fue el de los diagramas que muestran como se ubican las luces para armar un esquema de iluminación de 3 puntos. Estos diagramas proyectan un modelo 3D del personaje, con los modelos 3D del ícono que representa la luz de área alrededor del personaje, así el usuario puede entender de mejor manera la ubicación y rotación de las luces con respecto al personaje.



Ilustración 42 Ejemplo de Trigger de tipo Diagrama

Desde un punto de vista técnico, la configuración dentro de Blender para el renderizado fue la siguiente: como motor de renderizado se utilizó Eevee, si bien históricamente ha sido menos potente, en las nuevas versiones del programa este motor ha mejorado, dando mejores resultados que anteriormente, se activó el *Raytracing*, lo que permite que el motor de renderizado puede calcular de mejor manera los rebotes de la luz en las superficies de la escena. Para los renders estáticos se utilizó una resolución de 300ppi para aplicarlo en el

4.2.8 Recursos gráficos: Degradados

Como se estableció en el apartado de *Conceptualización*, se desarrollarían degradados que tienen un propósito estético, ornamental, y funcional al mismo tiempo. Debido a que Artivive necesita la mayor cantidad posible de detalles para identificar una imagen de otra, los degradados sirven como una capa mas de detalle y contraste para los triggers. Así mismo, en su función estética, al estar hechos con los colores establecidos para cada folleto, sirven para codificar el contenido.



Ilustración 43 Degradado página individual SOL

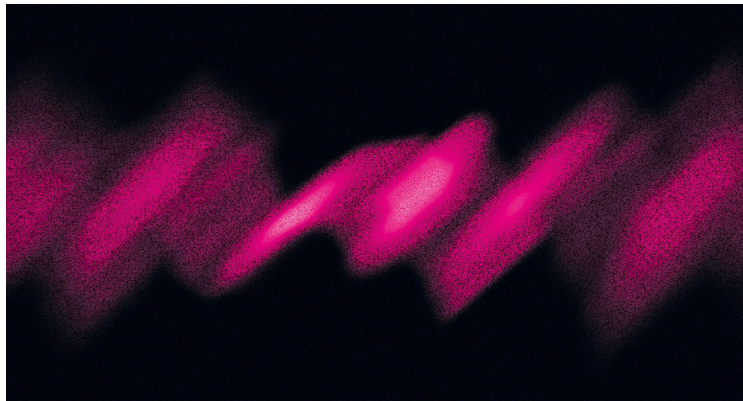


Ilustración 44 Degradado a doble página ÁREA

Para generar estos degradados se trabajó de la siguiente manera: en Adobe Photoshop se creó un documento para impresión con las medidas necesarias de la página a la que sería aplicado el degradado, con modo de color CMYK y una resolución de 300ppi. Sobre el lienzo se creó una capa en la que se dibujó a mano un trazo orgánico. A este trazo se le aplicaron los efectos de desenfoque radial y desenfoque de movimiento. Para agregarle color se usó una capa de mapa de degradado, con uno de los colores de la paleta. Una vez aplicado el color,



se agregó un efecto de granulado a la imagen, para simular las partículas de la luz.

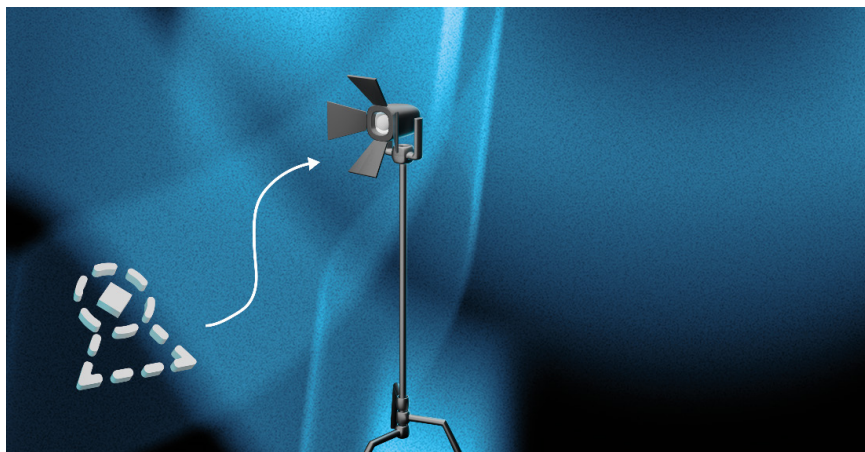


Ilustración 45 Ejemplo de degradado Spotlight

Para los degradados del folleto de esquema de 3 puntos se generó un mapa de degradado diferente al de los otros. Este mapa de degradado tiene como color principal el blanco, que se descompone en los 3 colores principales de la paleta del proyecto: Magenta, Cian y Verde. Esto es una representación de la teoría aditiva del color. El resto del proceso para generar estos degradados es el mismo al de los degradados para los otros folletos.

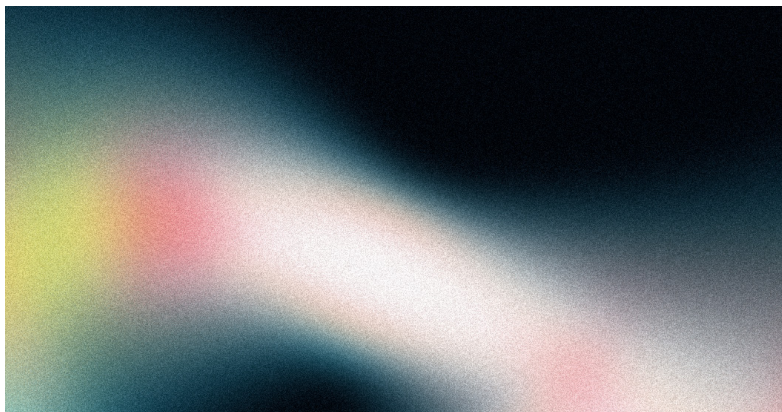


Ilustración 46 3point Degradado 1 portadilla interna

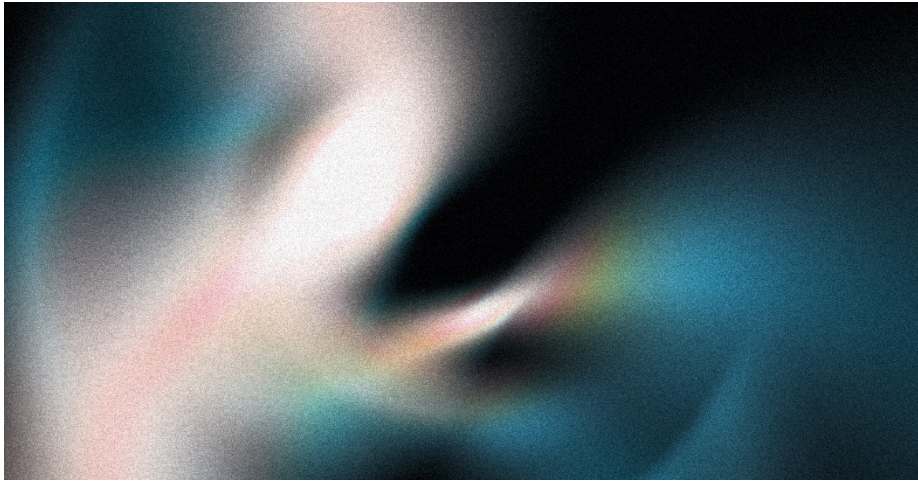


Ilustración 47 3point degradado 2 portadilla interna

4.2.9 Packaging

El diseño del empaque constituye un componente fundamental para la cohesión objetual del proyecto, dado que integra los cinco folletos que conforman la guía didáctica, transformándolos en un sistema editorial unificado en lugar de piezas independientes. Con base en la etapa de conceptualización, este contenedor fue proyectado con el propósito funcional de actuar como un estuche exento que facilite al estudiante la organización, visualización y el acceso inmediato a los folletos informativos.

La fase inicial de desarrollo formal consistió en la transferencia gráfica de las ideas estructurales a través del bocetaje. En esta instancia se delimitaron la morfología general de la pieza y los componentes de soporte internos destinados a la exposición de los lomos del material editorial. La volumetría general se dividió en dos módulos diferenciados: el primero cuenta con una configuración interna escalonada y divisores técnicos encargados de sujetar las guías individuales de las fuentes de iluminación; el segundo módulo está reservado exclusivamente para la exhibición destacada del folleto correspondiente al esquema de iluminación de tres puntos (*3-point lighting*).

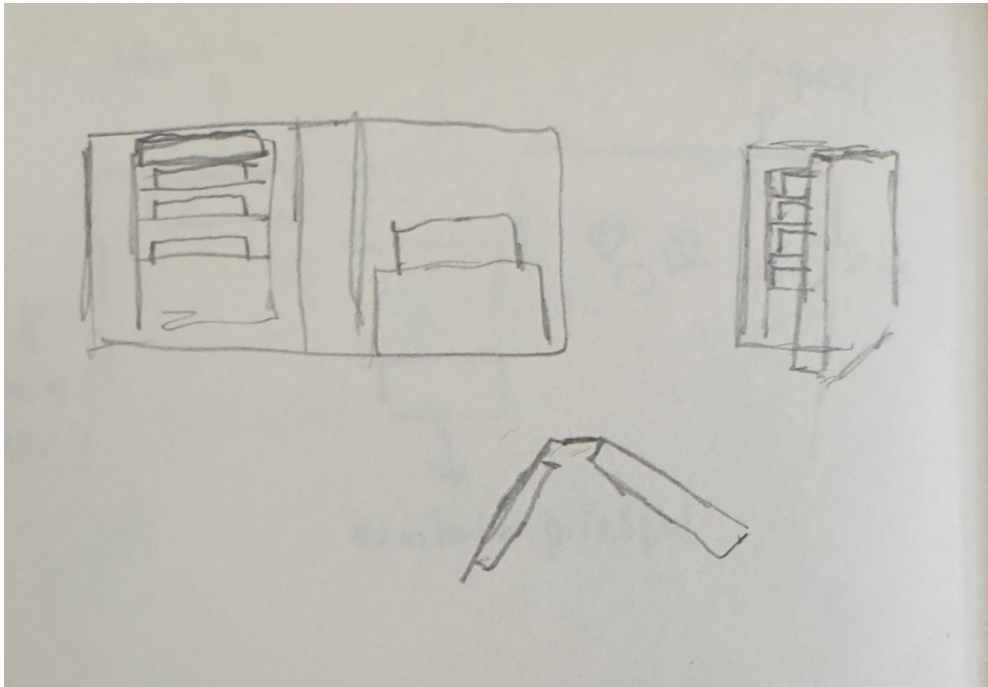


Ilustración 48 boceto del empaque

Una vez consolidada la propuesta formal, se generó un primer prototipo de baja calidad para definir las dimensiones necesarias para albergar la colección completa de folletos. Este prototipo optimizó la comprensión espacial del volumen real del objeto, sirviendo como base constructiva para el posterior despiece y desarrollo del plano mecánico.

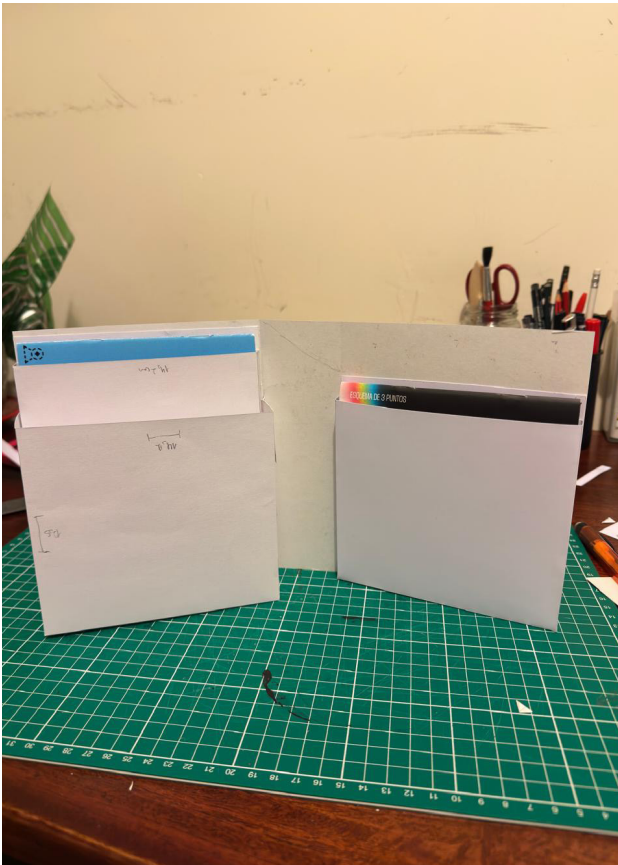


Ilustración 49 Estructura interna

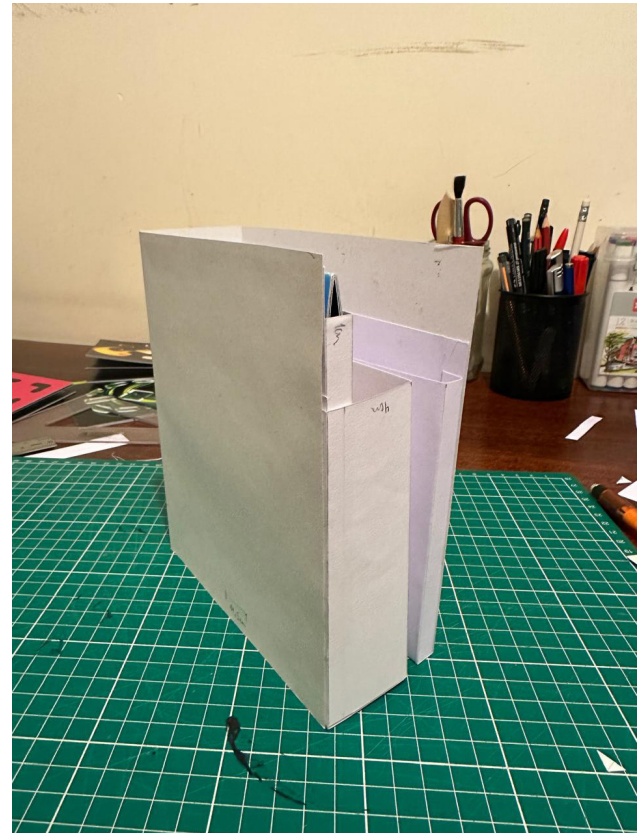


Ilustración 50 estructura interna cerrada



Ilustración 51 Tapa y base para el cierre del empaque

A partir de los datos métricos derivados del prototipo de baja calidad, se procedió al trazado técnico del plano mecánico del empaque. Durante esta etapa se configuró el desarrollo bidimensional de la pieza con sus respectivas solapas de encastre y pegado para el armado. Con el fin de validar físicamente la estructura mediante un prototipo de alta fidelidad, el despiece fue escalado para su impresión y ensamble en formato de comprobación a escala menor.



Posteriormente, se resolvió la gráfica de superficie y la configuración estético-visual del contenedor. Para mantener la coherencia semiótica con la guía, se empleó el negro como color predominante en representación de la ausencia física de luz, generando un alto contraste cromático con los bloques de texto en blanco. Se integraron de manera sintética los iconos vectoriales de las luminarias de Blender como recursos de identidad visual. Asimismo, se incorporó un borde periférico con los cuatro tonos cromáticos identitarios del proyecto (magenta, cian, verde y amarillo) para romper la homogeneidad del fondo oscuro. En la dimensión funcional de la interfaz del empaque, se insertó un llamado a la acción (*call to action*) en el reverso de la tapa superior que instruye al usuario sobre la descarga de la plataforma de Realidad Aumentada (Artivive), mientras que en la zona interna del contenedor se dispusieron instrucciones didácticas para el escaneo de las páginas marcadas con el marcador gráfico interactivo.

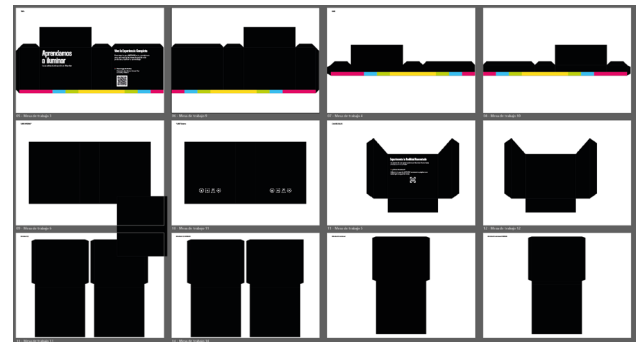


Ilustración 53 Plano mecánico del empaque con el diseño final



4.3 Prototipado

Con el propósito de implementar las optimizaciones correspondientes dentro del proceso de codiseño iterativo, se ejecutaron diversas variantes de comprobación física a lo largo del desarrollo del producto editorial definitivo. Esta producción incremental de modelos experimentales permitió consolidar un objeto final con altos estándares de funcionalidad y ergonomía visual. En total, se estructuraron tres fases de prototipado de baja y media fidelidad antes de formalizar la versión definitiva de alta fidelidad. A través de esta secuencia evolutiva se evaluaron variables complejas como la composición de la arquitectura tipográfica, la legibilidad del color y las propiedades físicas de los soportes. Para estandarizar estas pruebas mecánicas, se seleccionó como unidad base el volumen correspondiente a la fuente de luz de punto (*Point Light*), por ser el primer espécimen editado en la fase tipográfica.

Posterior a la configuración del esquema vectorial inicial, se modificaron las proporciones analógicas y la distribución espacial de las manchas de texto e imagen. En esta primera instancia, se aplicaron las coordenadas cromáticas de la paleta corporativa y se procesaron las visualizaciones preliminares que integraban la versión primaria del personaje tridimensional. Este espécimen piloto fue reproducido mediante impresión digital sobre un sustrato de papel couché de 150 g/m². El análisis de usabilidad de este objeto determinó que el cuerpo del material presentaba una rigidez estructural deficiente, condición que afectaba negativamente la estabilidad ergonómica requerida para la interacción digital. Asimismo, se identificó que las dimensiones volumétricas de ciertos bloques informativos obstaculizaban los flujos de lectura secuencial.



Ilustración 54 Prototipo 1 ouche 150 protada

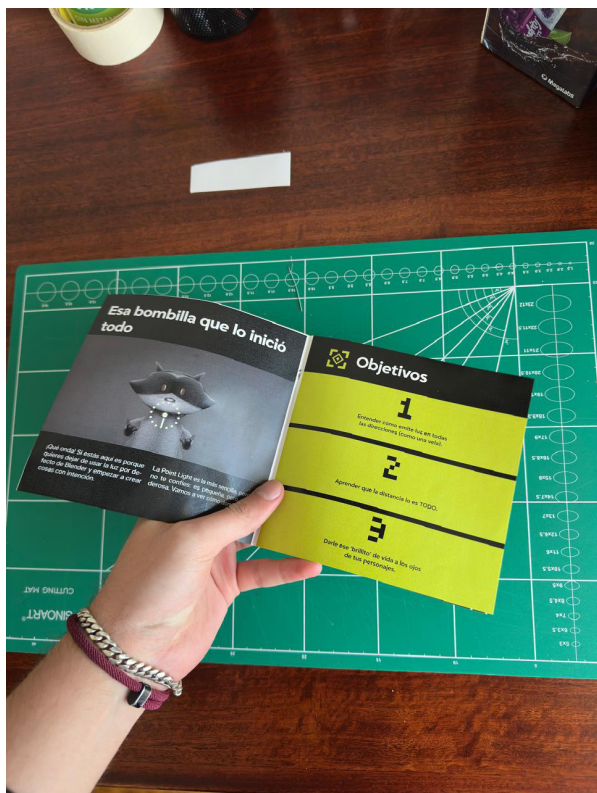


Ilustración 55 Prototipo 1 couche 150 interior 1

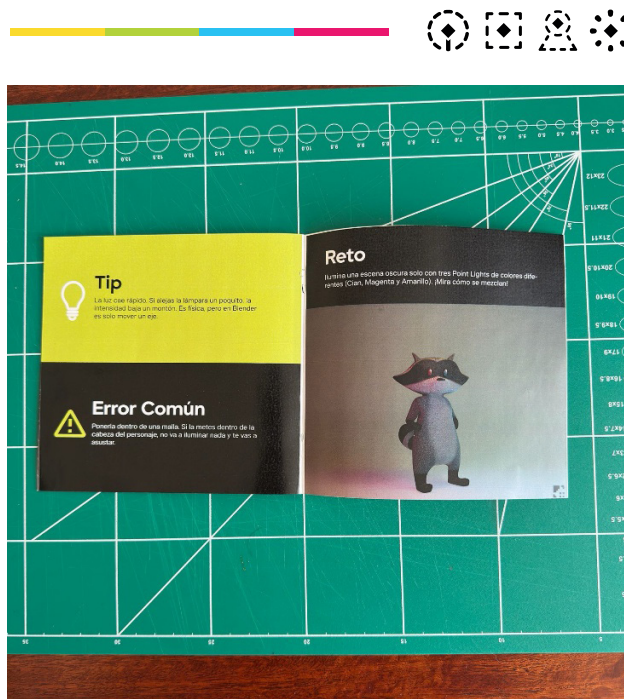


Ilustración 56 Prototipo 1 couche 150 interior 2

A partir de las variables críticas detectadas en el primer modelo, se procedió a la estructuración de la segunda pieza de comprobación. Para esta fase, se incorporaron la versión actualizada del personaje y el modelado definitivo del set digital, generando imágenes de renderizado optimizadas bajo ajustes de escala calibrados. Este segundo prototipo fue impreso digitalmente sobre cartulina bristol. La meta principal de esta muestra fue validar empíricamente la resistencia física del soporte; mediante esta prueba, se concluyó que un gramaje estandarizado en 200 g/m^2 proveía la estabilidad estructural idónea para el manejo del folleto.



Ilustración 57 prototipo 2 portada



Ilustración 58 prototipo 2 interior 1

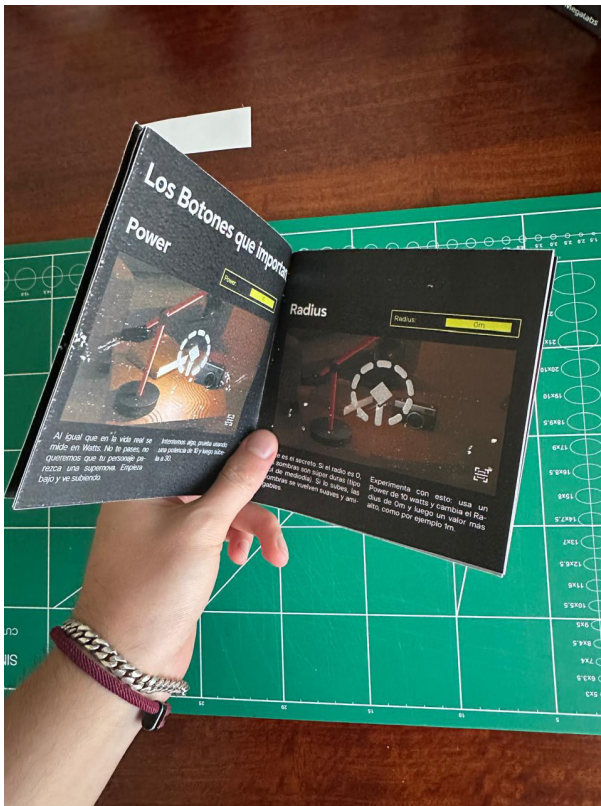


Ilustración 59 prototipo 2 interior 2

La subsiguiente iteración se enfocó en el control de calidad cromática y la exploración de acabados superficiales alternativos. Para ello, se empleó cartulina marfil lisa de 200 g/m² procesada mediante impresión digital de alta resolución. Este prototipo permitió diagnosticar la necesidad técnica de aplicar un gradiente tonal en el fondo de las páginas destinadas a la parametrización lumínica. Dicha transición tonal genera el contraste idóneo entre el marcador físico (*trigger*) y la superficie circundante, asegurando que



el algoritmo de la plataforma Artive ejecute la lectura óptica de manera estable. Adicionalmente, el testeo físico evidenció que la flexión repetida inducía fatiga material y desprendimiento capilar de tinta en la zona del lomo.



Ilustración 60 prototipo 3 portada



Ilustración 61 prototipo 3 interior 1



Ilustración 62 prototipo 3 interior 2

Finalmente, para la construcción del prototipo de alta fidelidad, se integraron todas las correcciones capitalizadas en las fases previas. Se preservó la selección del sustrato de 200 g/m² y se adicionó un recubrimiento de laminado mate, cuya película protectora mitiga el desgaste abrasivo derivado del uso continuo. Se formalizaron los gradientes de contraste en las interfaces de página requeridas y se vinculó de manera definitiva la arquitectura inmersiva de Realidad Aumentada para su despliegue operativo.



Ilustración 63 prototipo final interior con degradados

4.4 Propuesta de valor

La propuesta de valor del presente proyecto radica en el planteamiento y producción de un producto editorial híbrido, que junta el formato físico con el digital por medio de la Realidad Aumentada, lo que lo vuelve un producto atractivo para un estudiante contemporáneo.

Esta guía fue diseñada con el propósito de ser un material educativo para el aprendizaje de principios básicos de la iluminación digital en el software de modelado y animación 3D Blender, con el fin de asentarlos como un material de utilidad para la formación de estudiantes de la carrera de Diseño Gráfico.

A continuación, se desglosan los pilares que constituyen

la singularidad, innovación y aporte diferencial de esta propuesta de valor, analizados desde cuatro dimensiones esenciales: tecnológica, pedagógica, de diseño de información y cognitiva.

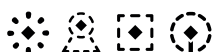
4.4.1 Ejes Diferenciales de la Propuesta de Valor

4.4.1.1 Sinergia Híbrida e Integración de Realidad Aumentada (Dimensión Tecnológica)

Frente a las alternativas de aprendizaje tradicionales —como los videotutoriales planos de larga duración en plataformas de *streaming* o los manuales técnicos estáticos en formato PDF—, este proyecto introduce un sistema híbrido fundamentado en el continuo de la virtualidad de Milgram y Kishino (citado en Aguirre-Herráez et al., 2020).

La propuesta opera bajo una lógica de coexistencia: el estudiante interactúa con un soporte analógico que sirve de base física, el cual, al ser escaneado con la cámara de un dispositivo móvil ordinario (*smartphone*), revela su lado digital mediante la plataforma de realidad aumentada por marcadores (*triggers*) *Artivive*. De este modo, la proyección tridimensional de la luz, el comportamiento físico de las sombras y el modelado de volumen de los objetos digitales se superponen con absoluta precisión espacial sobre la página impresa.

Esta solución tecnológica elimina la necesidad de hardware costoso o entornos inmersivos de alta gama (como gafas de realidad virtual), democratizando el acceso a tecnologías de vanguardia en el aula.



4.4.1.2 Transición de lo Físico a lo Digital (Dimensión Pedagógica)

Uno de los principales vacíos detectados en la formación de artistas y diseñadores 3D es el salto abrupto a la parametrización técnica de los softwares de modelado sin comprender previamente la física de la luz (Birn, 2014). La propuesta de valor híbrida resuelve esta problemática al estructurar una secuencia didáctica que rescata los fundamentos de la **iluminación fotográfica y cinematográfica tradicional** (Gutiérrez San Miguel, 2002; Muñoz-Heras, 2014) para extrapolarlos progresivamente a los entornos de renderizado digital (*Cycles* y *Eevee*).

La guía aprovecha la tangibilidad del papel para asentar la teoría conceptual y utiliza la capa digital interactiva de la Realidad Aumentada para emular los esquemas prácticos de un estudio real. Así, no se limita a instruir "qué botones presionar" en Blender; en su lugar, enseña a "ver la luz" como un elemento expresivo y narrativo indispensable para la construcción de atmósferas y la comunicación visual del personaje en un escenario.

4.4.1.3 Codificación Semiótica-Cromática y Diseño de Información (Dimensión de Diseño Gráfico)

La efectividad de este soporte híbrido radica en una rigurosa planificación del diseño editorial e interactivo:

- **Retículas y Maquetación:** Se emplea un sistema de retículas ortogonales (Müller-Brockmann, 1982) que organiza la información impresa en bloques visualmente digeribles, evitando la saturación de texto y facilitando la legibilidad.
- **Taxonomía y Semiótica del Color:** Se implementa una codificación de color estratégica basada en la psicología del color de Eva Heller (2004) y el modelo semiótico triádico de Charles Sanders Peirce (1987).

Cada fuente de iluminación en Blender se asocia de forma unívoca a un color luz específico (p. ej., *Cian* para el *Spotlight*, *Magenta* para el *Area Light*, *Amarillo* para el *Sun*, y *Verde* para el *Point Light*). Este código cromático actúa como un signo que unifica visualmente el folleto físico, reduciendo drásticamente la carga de decodificación y el mapeo mental que debe realizar el estudiante al trabajar de forma simultánea con ambos entornos.

4.4.1.4 Enfoque de Microaprendizaje contra el Declive Atencional (Dimensión Cognitiva)

En respuesta a los estudios de neuropsicología que demuestran una reducción drástica de la atención sostenida en la era digital debido a los estímulos dopaminérgicos inmediatos (Delgado, 2025; Mark, 2024), la guía asume la filosofía pedagógica del **microlearning**.

El contenido se divide en cápsulas de información breves, concisas y amigables. Al complementar estas cápsulas impresas con animaciones breves en Realidad Aumentada de corta duración, se genera un ciclo de retroalimentación visual inmediata. Esto estimula la atención activa, promueve el aprendizaje autónomo por experimentación empírica y previene la fatiga cognitiva del usuario.

4.4.2 Declaración de Trascendencia Metodológica

En conclusión, la propuesta de valor de esta tesis no reside únicamente en la adopción de la Realidad Aumentada como un recurso de novedad tecnológica o mero elemento estético, sino en su instrumentalización pedagógica y de diseño a través de un medio híbrido.

Al orquestar de manera científica el diseño editorial



impreso, la semiótica visual de Peirce, la psicología del color de Heller y las tecnologías de realidad aumentada móvil, se entrega al entorno universitario una metodología de aprendizaje innovadora. Esta no solo resuelve las fricciones operativas en el dominio técnico de Blender, sino que estimula la inteligencia creadora y la educación visual de las futuras generaciones de diseñadores gráficos en el Ecuador, alineándose plenamente con las políticas de fomento a la innovación digital y la economía creativa vigentes en el país.

4.5 Producción del proyecto y costos

En cuanto a la producción del proyecto se la puede dividir en dos aristas: costo de producción proyectual y costo de producción de prototipos.

4.5.1 Costo de producción proyectual

Para calcular el valor de producción de diseño se tomó como referencia los valores establecidos en el tarifario emitido por el Colegio de Diseñadores Profesionales Autónomos del Ecuador. Dentro del cual se utiliza el valor establecido para el cliente de tipo C. esto se encontró pertinente por la producción de bajo tiraje y la naturaleza de prototipado de este proyecto.

Tabla 16_Costo de producción del proyecto

Costo de producción de facetas del proyecto			
Fase	Cantidad	Valor unitario USD	Valor USD
Modelado 3D (personaje y escenario)	2	300	600
Animación 3D (Fuentes de iluminación y Folleto 3point)	2	340	680
Diseño editorial de revista	1	200	200
Packaging	1	350	350
Diseño de Iconografía	1	280	280
Total:			2110

El costo final de producción, en cuanto a diseño, de este proyecto es de \$2110 dólares americanos



4.5.2 Costo de producción de prototipo de alta fidelidad

Una vez terminada la etapa de diseño se prosiguió a la producción del prototipo de alta fidelidad. La producción fue tuvo el siguiente valor:

Tabla 17_Costos de producción de prototipo de alta fidelidad

Componente	Especificaciones Técnicas y Materiales	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Folletos Metodológicos (Fuentes de Luz)	Impresión digital color tiro/retiro en papel Marfilisa de 120 g/m² . Formato A4 con doblez modular (8 páginas por folleto). Acabado libre de especularidad para garantizar el rastreo óptimo de Realidad Aumentada (RA).	4	6.50	26.00
Revista / Guía Principal (Esquema de 3 Puntos)	Impresión digital de alta resolución, portada en cartulina Marfilisa de 220 g/m² , páginas interiores en Marfilisa de 120 g/m² . Encuadernado cosido/grapado lomo cuadrado.	1	14.50	14.50



Empaque - Exhibidor	Estructura modular rígida con base de soporte interno en escalera y divisores mecánicos. Acabado plastificado mate antirreflejo, montado sobre cartón prensado de alta densidad (2 mm) para estabilidad y resistencia al desgaste por uso repetido.	1	122.00	122.00
Servicios de Acabado	Mesa de corte y troquelado digital de precisión para hendidos del empaque, pestañas de acople y refilado de folletos.	1	15.00	15.00
SUMA TOTAL	Inversión Total de Manufactura por Unidad de Alta Fidelidad			177.50 USD



Validación y Resultados

4.6 Pruebas de usuario

El desarrollo proyectual de la presente guía interactiva híbrida adoptó como eje de diseño e innovación la metodología Design Thinking, en la que en sus etapas finales se encuentra la fase de evaluación, donde se realizan pruebas con el usuario. En estricta correspondencia con este marco metodológico de carácter empírico y humanista, el proyecto alcanza su fase de consolidación técnica en la quinta etapa: la Evaluación (o Validación).

Esta etapa tiene como propósito fundamental someter el prototipo de alta fidelidad desarrollado a la experiencia interactiva directa del público objetivo. Mediante este proceso, se busca validar si las soluciones de diseño de información, diseño editorial y realidad aumentada mitigan de forma efectiva los puntos de dolor detectados y definidos en las fases tempranas de la metodología (*Empatizar* y *Definir*), y si la propuesta gráfica actúa verdaderamente como un andamiaje didáctico eficiente para la enseñanza de la iluminación 3D en Blender.

4.6.1 Perfil de la Muestra en la Fase de Validación

Para el desarrollo de la etapa de evaluación, se seleccionó una muestra piloto constituida por 14

estudiantes universitarios ($N = 14$) de la carrera de Diseño Gráfico. Este perfil representa con exactitud al usuario final de la guía interactiva, garantizando que el proceso evaluativo se efectúe con individuos que poseen competencias previas en comunicación visual y lenguaje digital, pero que requieren andamiajes metodológicos para asimilar la complejidad técnica del software tridimensional Blender.

4.6.2 Protocolo de Evaluación del Prototipo

El protocolo de testeo y validación se ejecutó de forma presencial e individual, emulando un escenario real de autoaprendizaje estructurado en los siguientes hitos de interacción:

1. **Lectura y asimilación:** Lectura del contenido textual estructurado bajo el modelo de *micro aprendizaje* y tono de "amigo experto".
2. **Activación de Realidad Aumentada (RA):** Escaneo de las imágenes *trigger* (marcadores visuales) en el soporte editorial físico utilizando la aplicación móvil Artivive.
3. **Exploración tridimensional:** Observación e interacción con los assets 3D modelados (personaje cartoon, escenario de estudio e iconos de interfaz) proyectados en tiempo real.
4. **Ejecución del reto:** Resolución del ejercicio práctico autónomo planteado como mecanismo constructivista para el cierre de aprendizaje.

Tras concluir la experiencia de uso, se aplicó un cuestionario de evaluación estructurado. El instrumento constó de cinco preguntas cerradas de escala numérica (escala Likert del 1 al 5, donde el valor 1 representa una opinión "Deficiente" y el valor 5 representa una valoración "Excelente") destinadas a recabar datos cuantitativos. Asimismo, se integró una sección cualitativa de respuesta abierta para capturar sugerencias, críticas e identificar zonas de fricción en la interfaz que alimenten las iteraciones posteriores exigidas por el modelo de *Design Thinking*.

4.6.3 Análisis Cuantitativo de la Evaluación



Con el objetivo de dotar de rigurosidad científica y metodológica a la fase de **Evaluación**, se procesaron estadísticamente los datos cuantitativos recolectados de las 14 respuestas obtenidas. Se determinó la media aritmética ($\bar{X}$) como medida de tendencia central para evaluar la aceptación de las variables del prototipo, y la desviación estándar (σ) para estimar la dispersión y el consenso general entre los evaluadores.

La Tabla 1 consolida las dimensiones y los estadísticos descriptivos resultantes de la validación del prototipo híbrido.

Dimensión de Evaluación	Indicador Específico	Media Aritmética ($\bar{X}$)	Desviación Estándar (σ)	Nivel de Aceptación
Dimensión Editorial y Didáctica	Claridad en la redacción y dosificación técnica sin exceso de tecnicismos.	4.79	0.43	Excelente
Dimensión Ergonómica y Física	Manejabilidad, portabilidad y tamaño físico del folleto impreso.	4.57	0.51	Excelente
Dimensión de Modelado 3D	Utilidad de los assets 3D (personaje, escenario e iconos) para la comprensión.	4.79	0.43	Excelente
Dimensión de Usabilidad (UI/UX)	Facilidad de uso, navegación y comprensión de la interactividad en RA.	4.50	0.52	Excelente
Dimensión Pedagógica de Cierre	Pertinencia del reto práctico final para consolidar el aprendizaje de la guía.	4.79	0.43	Excelente

Tabla 18_ Consolidado Cuantitativo de la Etapa de Evaluación



4.6.3.1 Interpretación de los Resultados Cuantitativos de la Evaluación

- **Claridad de la Redacción** ($\bar{X} = 4.79$, $\sigma = 0.43$): Este indicador obtuvo una puntuación sobresaliente. La baja desviación estándar refleja un amplio consenso en que la redacción simplificada, amigable y estructurada bajo el concepto pedagógico de "amigo experto" logra transferir con éxito conceptos complejos de física lumínica sin abrumar al estudiante con terminología innecesariamente compleja. El diseño lingüístico funcionó de manera óptima como un andamiaje verbal.
- **Tamaño y Manejabilidad del Folleto** ($\bar{X} = 4.57$, $\sigma = 0.51$): La ergonomía física del producto impreso fue catalogada como excelente. El formato de folleto modular de 8 páginas fue valorado positivamente por su portabilidad y facilidad de manipulación en el espacio de trabajo físico del estudiante de diseño, coexistiendo de forma armónica junto al teclado y la pantalla de la computadora donde operan Blender.
- **Aporte de los Assets 3D** ($\bar{X} = 4.79$, $\sigma = 0.43$): El modelado tridimensional del personaje cartoon, el escenario de estudio y los iconos tridimensionales interactivos demostró ser un factor de alto impacto para el aprendizaje. Los estudiantes validaron que observar de forma directa la incidencia tridimensional de la luz sobre un volumen real (el personaje) facilita de manera inmediata la decodificación cognitiva del comportamiento físico de la sombra y la

penumbra, superando la limitación bidimensional de los manuales tradicionales.

- **Usabilidad de la Interactividad en Realidad Aumentada** ($\bar{X} = 4.50$, $\sigma = 0.52$): Aunque este indicador se mantiene en un rango excelente, representa la media más baja y la desviación estándar más alta de todo el testeó. Esto indica que, si bien la tecnología de realidad aumentada a través de Artivive es percibida como altamente atractiva, innovadora y didáctica, se presentaron pequeñas fricciones iniciales de interacción o dudas en la navegación que requirieron atención especial por parte del usuario, lo cual justifica un ajuste de diseño en la interfaz.
- **Pertinencia del Reto Pedagógico** ($\bar{X} = 4.79$, $\sigma = 0.43$): La pertinencia del ejercicio final como elemento de cierre de la unidad de aprendizaje fue calificada con un alto nivel de aprobación. Los participantes consideran fundamental que la guía no concluya únicamente en un plano expositivo, sino que demande una acción empírica (un "reto") que motive al estudiante a abrir el software Blender y replicar los conceptos simulados en la realidad aumentada, cerrando con éxito el ciclo del aprendizaje constructivista.

4.6.4 Análisis Cualitativo y Retroalimentación Directa

El instrumento de evaluación reservó un espacio de carácter cualitativo para que los usuarios expresaran libremente sus apreciaciones respecto al producto híbrido. Para este análisis se contempló la totalidad de la

muestra ($N = 14$), identificando de manera rigurosa que, aunque un grupo de participantes optó por dejar



la sección en blanco (lo cual es habitual en encuestas autoadministradas), las opiniones y comentarios recolectados proporcionaron insumos invaluable para evaluar la experiencia de usuario y las dimensiones expresivas del diseño.

A partir de la triangulación cualitativa de los comentarios, se establecieron dos grandes categorías de análisis:

4.6.4.1 Fortalezas del Producto Híbrido (Comentarios Favorables)

Los usuarios destacaron la utilidad práctica del proyecto y la pertinencia de la interactividad digital sobre el soporte editorial físico para facilitar la transferencia de conocimientos. Entre los testimonios más relevantes se encuentran:

- **Efectividad Instrumental:** Un evaluador señaló que *"el producto funciona y cumple con el objetivo de ser una herramienta para entender y usar iluminación en Blender"*, validando de forma directa la eficacia técnica del proyecto.
- **Pertinencia Sectorial:** Se rescató que la guía representa *"una excelente guía para las personas que estamos dentro del mundo 3D"*, lo cual demuestra que la propuesta de valor responde a una necesidad latente en la comunidad estudiantil y profesional del sector gráfico.
- **Comprensión Dinámica:** Otro participante comentó que *"el producto es intuitivo, la parte de la interactividad me gustó mucho, le da una mejor comprensión al contenido"*. Este testimonio valida la hipótesis de que la Realidad Aumentada actúa como un andamiaje visual interactivo y dinámico que simplifica el aprendizaje técnico.
- **Aceptabilidad y Usabilidad:** Evaluaciones de síntesis como *"muy bueno, me ayudó bastante"* y

"en general muy buen producto" reafirman el nivel de aceptación general y el impacto positivo en el proceso cognitivo del estudiante.

4.6.4.2 Fricciones de Uso y Oportunidades de Mejora (Análisis Crítico)

La aplicación metodológica de la etapa de evaluación no busca únicamente validar aciertos, sino localizar fricciones en la interacción (*pain points*) para optimizar el producto. En este sentido, un comentario técnico sumamente relevante aportó una observación crucial sobre la interfaz:

"Se debe explicar los iconos y la infografía de la interactividad."

Este comentario cualitativo guarda perfecta correlación con el hecho de que la variable **"Usabilidad de la Interactividad (RA)"** haya obtenido la media cuantitativa

más baja ($\bar{X} = 4.50$). El usuario percibió que, si bien la experiencia es interactiva y visualmente de gran impacto, las microanimaciones o la interfaz digital proyectada en realidad aumentada carecen de una explicación explícita o una leyenda que aclare qué función cumple cada icono técnico o cómo debe interpretarse el flujo infográfico en pantalla.

4.6.5 Plan de Optimización e Iteración de Diseño Centrado en el Usuario (El Carácter Iterativo de Design Thinking)

Bajo el marco metodológico de **Design Thinking**, la fase de **Evaluación/Validación** se caracteriza por no ser lineal ni definitiva; por el contrario, su principal valor radica en la capacidad de generar aprendizajes que obligan a realizar una retroalimentación iterativa para perfeccionar el prototipo original.



Con base en la fricción identificada por los evaluadores sobre la usabilidad de la interactividad (la cual se

reflejó en la media de usabilidad de **4.50** y en la retroalimentación cualitativa directa), se ha estructurado un **Plan de Iteración y Optimización de Diseño** para la versión definitiva del producto híbrido, reingresando de forma controlada a las fases de *Ideación* y *Prototipado*.

4.6.5.1 Ajustes en la Arquitectura de Información y UI (Interfaz de Usuario)

Para resolver la falta de claridad en los iconos y la infografía dentro de la escena interactiva en Realidad Aumentada, se proponen las siguientes mejoras gráficas y de interacción:

1. Implementación de una Tarjeta de Leyenda de Iconografía (Onboarding en RA):

- **Problema:** Los iconos modelados en 3D que flotan en la interfaz virtual de realidad aumentada pueden resultar abstractos para estudiantes principiantes.
- **Solución de Diseño:** Se diseñará una tarjeta introductoria en la primera escena de la realidad aumentada (o al inicio del escaneo en la aplicación Artive) que muestre de forma sintetizada una leyenda visual de los iconos principales y su significado instrumental en Blender (por ejemplo, el icono de "Luz de Área", "Punto de Luz", "Spotlight" y "Sol"), asegurando que la decodificación semiótica-cromática sea inmediata y sin fricciones de interpretación.

2. Diseño de Señalética Gráfica en el Folleto Impreso (Soporte Físico):

- **Problema:** El paso de la lectura estática a la interactividad en pantalla genera un salto mental que requiere orientación.
- **Solución de Diseño:** Se integrará en la Página 7 de cada folleto (sección de interactividad) una infografía complementaria que anticipe al estudiante la interfaz digital con la que se encontrará al escanear el *trigger*. Esta infografía física actuará como un mapa visual del entorno de realidad aumentada, explicando brevemente la función de los controles deslizantes y los iconos que se proyectarán en el smartphone.

3. Optimización del Flujo Infográfico Digital (Movimiento y Guías):

- **Problema:** El flujo de las animaciones tridimensionales que ilustran los conceptos de iluminación (como el cambio de tamaño de la luz y la suavidad de las sombras) puede perder claridad infográfica si no hay guías textuales dinámicas.
- **Solución de Diseño:** Se incorporarán elementos vectoriales de soporte (*motion graphics*) y cajas de texto flotantes de alta legibilidad en el video de realidad aumentada. Estas cajas de texto dinámicas etiquetarán en tiempo real los cambios paramétricos representados en la animación (por ejemplo: "*Efecto: Sombras difusas / Parámetro: Tamaño de luz aumentado*"), guiando el ojo del estudiante hacia el fenómeno físico y de software que se busca enseñar.

Estas optimizaciones de diseño de información aseguran que el producto final no sea únicamente estético e innovador en términos tecnológicos, sino metodológicamente perfecto para reducir la carga



cognitiva del estudiante de diseño, garantizando una usabilidad fluida, intuitiva y sumamente eficaz para el autoaprendizaje de la iluminación tridimensional en Blender, respondiendo rigurosamente a las demandas científicas del Diseño Centrado en el Usuario y el *Design Thinking*.

4.7 Validación con profesionales

Para garantizar la rigurosidad científica, pedagógica, técnica y visual del producto híbrido desarrollado—específicamente la guía educativa interactiva y sus componentes de Realidad Aumentada (RA)—, se aplicó la metodología de **Juicio de Expertos**. Esta fase constituye un filtro fundamental para certificar que el material didáctico diseñado no solo cumple con estándares de usabilidad, sino que es teóricamente preciso, metodológicamente viable y conceptualmente adaptado a las necesidades de formación de los estudiantes de Diseño Gráfico.

Esta etapa de validación con profesionales se dividió en dos segmentos. Los segmentos para evaluar y validar el proyecto fueron "Validación de contenidos educativo sobre iluminación" y "*Validación de diseño editorial*".

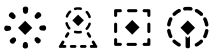
4.7.1 Validación de contenidos educativo sobre iluminación

El panel evaluador estuvo conformado por tres validadores ($N = 3$) seleccionados bajo un criterio de muestreo intencional no probabilístico, priorizando un perfil multidisciplinar que abarque la creación 3D, la docencia universitaria y la dirección de arte.

4.7.1.1 Perfil Demográfico de los Expertos Validadores

Los expertos seleccionados cuentan con títulos

de cuarto nivel (maestrías y especialidades) y una trayectoria profesional activa superior a una década en sus áreas de especialización, lo que otorga un alto nivel de confiabilidad a sus dictámenes.



Nombre del Experto	Grado Académico / Especialidad	Experiencia Profesional	Rol de Validación Técnico-Pedagógica
Mgs. Francisco Mosquera	Máster en Creación de Personajes para Animación y Videojuegos	Más de 10 años	Evaluación de pipelines 3D, narrativa visual y assets tridimensionales
Esp. Camilo Ismael Manosalvas B.	Especialista de Cuarto Nivel en Diseño y Tecnologías Interactivas	Más de 10 años	Evaluación de interacción UX/UI, iconografía y sistemas híbridos (RA)
Mgs. Daniel Fernando Mafla Erazo	Posgrado / Máster en Artes Visuales y Docencia Universitaria	Más de 10 años	Evaluación pedagógica, didáctica del diseño e iluminación académica

Tabla 19_ Ficha de Identificación del Panel de Expertos Validadores

4.7.1.2 Análisis Cuantitativo de los Resultados

El instrumento de validación evaluó siete indicadores clave utilizando una escala ordinal de Likert de 1 a 5, donde **1** representa Deficiente y **5** representa Excelente. Para el procesamiento de los datos de la muestra ($N = 3$), se determinaron de forma estadística la media aritmética y la desviación estándar para cada reactivo, lo que permite observar la tendencia central de las respuestas y el grado de dispersión o consenso existente entre las evaluaciones del panel de expertos.

Tabla 20_ Resultados Cuantitativos de la Validación por Juicio de Expertos

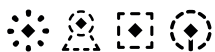
Variable Evaluada (Reactivo)	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Media	Desv. Estándar	Nivel de Aceptación
P1. ¿Considera que los textos son fáciles de comprender?	5	4	5	4.67	0.58	Excelente
P2. ¿El contenido cumple con el propósito de enseñar cómo armar un esquema de iluminación de 3 puntos?	5	5	5	5.00	0.00	Excelente (Consenso)
P3. ¿Los textos cuentan con la información suficiente, sin ser demasiado técnica, para el estudiante?	5	5	5	5.00	0.00	Excelente (Consenso)



P4. ¿Los diagramas (reforzados por RA) facilitan la comprensión espacial de la posición de las luces?	5	5	5	5.00	0.00	Excelente (Consenso)
P5. ¿Los renders y animaciones cumplen con enseñar de manera clara cómo afectan las luces al personaje?	5	5	5	5.00	0.00	Excelente (Consenso)
P6. ¿El reto propuesto ayuda a cerrar de manera pertinente el conocimiento de la guía?	5	5	5	5.00	0.00	Excelente (Consenso)
P7. ¿Le parece que esta guía aporta a la formación estudiantil sobre el entendimiento de la luz y el esquema de 3 puntos?	5	4	5	4.67	0.58	Excelente
PROMEDIO GENERAL DE VALIDACIÓN	5.00	4.71	5.00	4.90	0.17	Excelente

Interpretación de las Variables Cuantitativas:

1. **Comprensión y Dosificación Teórica (P1 y P3):** Con una media de $\bar{X} = 4.67$ en legibilidad y una media perfecta de $\bar{X} = 5.00$ en suficiencia informativa, los expertos confirman que la guía logra "bajar" conceptos complejos de la física de la luz a un lenguaje amigable y digerible para estudiantes universitarios, validando la metodología de micro aprendizaje y dosificación tipográfica planteada en el diseño editorial.
2. **Eficacia Pedagógica del Esquema 3D (P2 y P6):** El propósito educativo principal de la guía obtuvo un consenso absoluto ($\bar{X} = 5.00; \sigma = 0.00$). Esto demuestra que los contenidos cubren el espectro necesario para que los alumnos dominen la Luz Principal (*Key Light*), de Relleno (*Fill Light*) y el Contraluz (*Rim Light*), culminando con un reto práctico que consolida el aprendizaje empírico.
3. **Soporte Tecnológico Inmersivo y Gráfico (P4 y P5):** Las variables que evalúan el uso de la Realidad Aumentada (Artive) y los renders/animaciones del personaje obtuvieron calificaciones perfectas de $\bar{X} = 5.00$. El panel coincidió unánimemente en que ver la simulación tridimensional en movimiento y poder proyectar espacialmente la ubicación de las luminarias digitales a través de la pantalla de su dispositivo móvil resuelve el vacío cognitivo tradicional de la bidimensionalidad estática.
4. **Valor de Aporte Académico (P7):** Con una valoración general muy alta (



$$\bar{X} = 4.67$$

), se ratifica la relevancia de implementar este recurso didáctico híbrido en los sílabos académicos de las asignaturas de modelado, animación e iluminación 3D en las facultades de Diseño Gráfico en el Ecuador.

4.7.1.3 Análisis Cualitativo y Retroalimentación Constructiva

El análisis cualitativo se estructuró a través del método de triangulación de testimonios directos extraídos de la sección de opinión abierta del formulario. El panel de validadores identificó las fortalezas medulares del proyecto y planteó un punto crítico de optimización para el diseño.

A. Fortalezas Destacadas por el Panel de Expertos:

- **Rigor Profesional e Innovación Tecnológica:** El Mgs. Francisco Mosquera destacó que *"el proyecto refleja un nivel técnico y de diseño profesional, que está a la altura de material que puede ser usado en clases para facilitar la comprensión en el área de iluminación... El recurso de realidad aumentada fue un toque excelente que complementó el producto y lo elevó a un nivel de producto profesional"*.
- **Aporte Cognitivo y Metodológico:** El Mgs. Daniel Mafla valoró positivamente el dinamismo de la propuesta didáctica, señalando la claridad y pertinencia metodológica para que los estudiantes extrapolen los esquemas simples de tres puntos hacia producciones artísticas más complejas.

B. Áreas de Mejora Identificadas:

- **Optimización Semiótica de la Interfaz Interactiva:** El experto Esp. Camilo Manosalvas levantó un

comentario clave para el éxito del producto híbrido: *"Muy buen proyecto pero debe mejorar la explicación de la iconografía"*. Este aporte de carácter cualitativo es vital, ya que, al tratarse de un sistema con Realidad Aumentada, la decodificación de la interfaz y la interactividad visual no debe presentar fricciones cognitivas para el usuario final.

4.7.1.4 Conclusiones de la Fase de Validación de Contenidos

El proceso de validación por juicio de expertos ha permitido consolidar científicamente la viabilidad y el rigor del material didáctico interactivo desarrollado. En términos generales, se desprenden las siguientes conclusiones fundamentales:

1. Aceptación Sobresaliente y Consenso Inter-Jueces: El promedio general de validación obtenido

($\bar{X} = 4.90$ sobre un máximo de 5.00, con una varianza y desviación estándar marginales de $\sigma = 0.17$)

) refleja un grado de coincidencia y consenso unánime de los evaluadores en torno a la excelencia del material didáctico. El hecho de que cinco de los siete reactivos cuantitativos (P2, P3, P4, P5 y P6) hayan alcanzado una media aritmética

perfecta ($\bar{X} = 5.00; \sigma = 0.00$) certifica que los contenidos conceptuales, los diagramas espaciales de la luz y el reto práctico final están completamente alineados con los estándares didácticos requeridos por la educación superior en diseño.

2. Mitigación Exitosa del Vacío Cognitivo Tridimensional:

La validación ratifica que el uso complementario de la tecnología móvil inmersiva (Realidad Aumentada a través del software



Artive) funciona de manera impecable como un andamiaje cognitivo visual. Al proyectar de forma tridimensional e interactiva la incidencia y dirección física de los esquemas lumínicos sobre el personaje desarrollado, el material didáctico resuelve la distorsión interpretativa típica que producen los materiales estáticos bidimensionales, permitiendo al estudiante "ver la luz" bajo un entorno empírico inmediato y controlado.

3. La Co-Creación como Factor de Blindaje y Calidad

Metodológica: La fase cualitativa del juicio de expertos demostró que la metodología aplicada no se redujo a una validación pasiva de verificación, sino que funcionó bajo un esquema de co-creación iterativo y adaptativo. La sugerencia del evaluador especialista en interactividad sobre optimizar la iconografía y su respectivo análisis conceptual permitió estructurar un plan de rediseño riguroso bajo la teoría semiótica de Charles Sanders Peirce. Este ajuste transformó una potencial fricción visual en una fortaleza teórica-proyectual que robustece el rigor epistemológico del marco de diseño de la tesis.

En definitiva, el panel evaluador dictamina de manera formal y colegiada que el producto híbrido diseñado constituye una herramienta didáctica e innovadora con un alto valor de transferencia del conocimiento, plenamente apta para ser implementada en las aulas universitarias como un recurso metodológico de vanguardia para la enseñanza de la iluminación y renderizado 3D en Blender.

4.7.2 Validación de diseño editorial

Para garantizar que la dimensión gráfica, compositiva e informativa de la propuesta de diseño híbrido (producto editorial físico interactivo con Realidad Aumentada) cumpla con las normativas técnicas indispensables para

su correcta decodificación y usabilidad, se implementó el método de Validación por Juicio de Expertos.

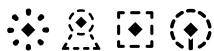
Esta evaluación es de carácter crítico para el proyecto por dos razones fundamentales:

1. Andamiaje Cognitivo Tradicional: La diagramación, jerarquía visual y distribución cromática deben facilitar la retención del conocimiento técnico e instrumental de Blender, reduciendo la fatiga atencional e intelectual característica de los entornos de educación en la era digital (Delgado, 2022).
2. Estabilidad del Sistema de Realidad Aumentada: En un producto híbrido, la retícula modular y el contraste cromático de las páginas no solo responden a criterios estéticos, sino a especificaciones de ingeniería de software. Las páginas físicas actúan como *triggers* o marcadores de Realidad Aumentada (RA); por lo tanto, la composición editorial debe garantizar un nivel óptimo de contraste y definición formal para que la cámara del dispositivo móvil reconozca el marcador sin generar aberraciones ópticas ni latencia de renderizado (Aguirre-Herráez et al., 2020).

4.7.2.1 Perfil Técnico del Panel Evaluador

La validación fue realizada por un panel de expertos de alta competencia en el sector del diseño gráfico, la dirección de arte y la producción editorial en el contexto ecuatoriano. Los evaluadores seleccionados cuentan con títulos de posgrado y una destacable trayectoria profesional e institucional, lo que asegura la validez de contenido y la fiabilidad de las métricas obtenidas.

El panel estuvo conformado por los siguientes especialistas:



- **Luis Andrés Díaz Yáñez:** Especialista en Dirección de Arte en Comunicación y Diseño Visual. Cuenta con un grado de maestría en el área de comunicación corporativa y dirección de arte, y acredita más de 10 años de experiencia profesional liderando proyectos editoriales e identidades de marca de alta complejidad.

4.7.2.2 Análisis Cuantitativo de los Criterios Editoriales

El instrumento de validación evaluó cinco dimensiones fundamentales de la propuesta gráfica mediante una escala numérica de Likert de 1 a 5, donde el valor de **1 representa un desempeño "Deficiente"** y el valor de **5 representa un nivel "Excelente"**.

Las dimensiones técnicas analizadas fueron:

1. **Retícula de Diagramación:** Capacidad de la retícula para asegurar una estructura flexible y una lectura fluida a lo largo de las páginas de la guía.
2. **Jerarquía Tipográfica:** Claridad en el orden visual y de lectura que permite guiar cognitivamente al estudiante.
3. **Uso de Espacios en Blanco (Aire):** Composición equilibrada que garantice un descanso visual adecuado y evite la saturación de información.
4. **Selección Cromática y Legibilidad:** Relación de contraste de color y legibilidad óptima de los bloques textuales.
5. **El Color como Código Visual Semiótico:** Eficacia del color para segmentar cromáticamente los capítulos y secciones técnicas de la guía.

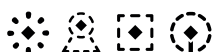
Para otorgar rigor científico a los resultados del panel de validación ($N = 3$), se procesaron los datos obtenidos calculando de manera automatizada la **Media Aritmética** ($\bar{X}$) y la **Desviación Estándar** (σ) correspondientes a cada dimensión evaluada, permitiendo ponderar la consistencia y el nivel de acuerdo técnico entre los evaluadores.

Los resultados cuantitativos agregados se detallan en la siguiente tabla:



Dimensión Técnico / Criterio de Evaluación	Calificaciones del Panel	Media Aritmética (X ⁻)	Desviación Estándar (σ)	Porcentaje de Aceptación (%)
C1. Réticula de Diagramación: Estructura flexible y lectura óptima a través de las páginas.	5, 5, 4	4.67/5.00	0.47	93.4%
C2. Jerarquía Tipográfica: Orden visual claro que guía la decodificación del lector.	5, 5, 5	5.00/5.00	0.00	100%
C3. Espacios en Blanco (Aire): Composición armónica para el descanso visual óptimo.	4, 5, 4	4.33/5.00	0.47	86.6%
C4. Selección Cromática y Contraste: Legibilidad cromática excelente de textos sobre fondo.	5, 4, 5	4.67/5.00	0.47	93.4%
C5. El Color como Código Visual: Eficacia semiótica del color para diferenciar secciones.	5, 5, 5	5.00/5.00	0.00	100%
Promedio Editorial General	-	4.73/5.00	0.28	94.6%

Tabla 21_Resultados cuantitativos de la validación técnica del Diseño Editorial por Juicio de Expertos



El promedio editorial general de la guía interactiva alcanzó un $\bar{X} = 4.73/5.00$, equivalente a un **94.6% de aprobación**. La bajísima desviación estándar general ($\sigma = 0.28$) demuestra un alto consenso y homogeneidad en las respuestas del panel de expertos, validando científicamente las decisiones gráficas proyectuales de la tesis.

4.7.2.3 Análisis Cualitativo e Interpretación de Resultados

A. Retícula de Diagramación e Integración de Realidad Aumentada ($\bar{X} = 4.67$, $\sigma = 0.47$)

La retícula modular empleada para la guía híbrida fue calificada con una media de $4.67/5.00$, considerada excelente por la dirección de arte. Los expertos señalaron que la estructura compositiva garantiza una óptima adaptabilidad espacial.

Desde la teoría del diseño de información, este resultado respalda los postulados del diseñador suizo Josef Müller-Brockmann (1982), quien define la retícula como un sistema de organización espacial que aporta claridad, lógica y armonía formal. En este proyecto, la retícula modular no solo cumple un rol estético, sino uno funcional-tecnológico: al distribuir geométricamente las imágenes y los bloques de texto, se asegura que el software de Realidad Aumentada (Artivive) reconozca la página física como un *trigger* con un alto número de puntos de anclaje algorítmico, evitando errores en la carga de las microanimaciones en 3D.

B. Jerarquía Tipográfica y Reducción de la Carga

Cognitiva ($\bar{X} = 5.00$, $\sigma = 0.00$)

El criterio de jerarquía tipográfica obtuvo una calificación perfecta de $5.00/5.00$ con una desviación nula ($\sigma = 0.00$). Los evaluadores coincidieron de forma unánime en que existe un orden de lectura claro e intuitivo que facilita que el estudiante de Diseño Gráfico navegue de manera autónoma por la complejidad técnica de Blender.

Este excelente desempeño se justifica teóricamente a través de las premisas de Jan Tschichold (2003) en *La nueva tipografía*, y de Ellen Lupton (2016), quienes afirman que la tipografía es un elemento funcional invisible cuya principal responsabilidad es transmitir la información de manera diáfana y estructurada. El uso de tipografías sans-serif (palo seco) de alta legibilidad, con variables visuales bien marcadas (peso, tamaño, interlineado y cajas tipográficas), guía el ojo del lector a través de títulos, subtítulos, atajos de teclado y tips técnicos, contrarrestando la fatiga visual de los estudiantes universitarios.

C. Equilibrio de Espacios en Blanco (Aire) y Descanso Visual ($\bar{X} = 4.33$, $\sigma = 0.47$)

El uso de zonas de aire en la composición fue valorado con una media de $4.33/5.00$. Si bien es una calificación sobresaliente, representó la dimensión con mayor área de oportunidad, debido a la alta densidad de datos que requiere la explicación de las herramientas de iluminación 3D.



En el campo editorial, teóricos como Timothy Samara (2008) defienden que el espacio en blanco no representa vacío, sino un elemento compositivo activo indispensable para articular el ritmo y propiciar un descanso óptimo en la lectura. Mantener un correcto equilibrio entre la densidad de información tipográfica y los espacios en blanco previene la fatiga atencional del estudiante. Los expertos sugirieron mantener rigurosamente este margen de aire para asegurar que el recorrido del ojo sea fluido entre el texto físico y el renderizado interactivo tridimensional que se despliega mediante Realidad Aumentada.

D. Selección Cromática, Contraste de Texto y

$\bar{X} = 4.67$ $\sigma = 0.47$
Legibilidad (,)

La selección cromática y su contraste de lectura de los textos obtuvieron una media de $4.67/5.00$. La paleta editorial estructurada bajo fondos oscuros (Negro/Gris oscuro) y tipografías claras (Blanco/Cian) fue validada como altamente idónea para simular el entorno visual nativo del software de modelado 3D Blender.

La alta legibilidad del texto se fundamenta en la teoría de contrastes simultáneos de Johannes Itten (1975). Al utilizar textos blancos sobre fondos oscuros, se reduce el brillo del papel impreso y se imita la interfaz de usuario de las computadoras contemporáneas de diseño, disminuyendo de manera notable la fatiga visual. Asimismo, el contraste provocado por los tonos saturados genera un alto impacto cromático, facilitando que la cámara del smartphone diferencie la silueta del folleto físico del entorno espacial donde el estudiante realiza la lectura de la guía.

E. El Color como Código Visual Semiótico e

$\bar{X} = 5.00$
Interfaz de Información (,)

$$\sigma = 0.00$$

)

El uso del color como un código de navegación e identidad visual fue calificado de forma unánime como

excelente con una puntuación de $5.00/5.00$. El panel de validación consideró que la codificación cromática establecida funciona de manera impecable para organizar conceptualmente las fuentes de iluminación digital estudiadas en la guía de Blender:

- **Cian:** Código de color asignado a la sección de *Spotlight* (Luz Focalizada).
- **Magenta:** Código de color asignado a la sección de *Area Light* (Luz de Área).
- **Amarillo:** Código de color asignado a la sección de *Sun* (Luz Solar).
- **Verde:** Código de color asignado a la sección de *Point Light* (Punto de Luz).

Esta sistemática responde directamente a la teoría de Eva Heller (2004) sobre la psicología del color, donde el color deja de ser un componente puramente ornamental y se asume como una herramienta comunicativa cargada de sentido.

Desde la semiótica de Charles Sanders Peirce, cada longitud de onda (color) opera como un representamen cromático indisolublemente indexado a un objeto instrumental específico de Blender (la luminaria digital). De esta forma, el interpretante (el estudiante) asimila de manera instantánea el código visual y entiende que, al cambiar el color del capítulo editorial, está cambiando la



naturaleza física, morfológica y narrativa de la fuente de luz que se proyectará mediante el andamiaje interactivo de Realidad Aumentada.

4.7.2.4 Dictamen Final de Validación del Diseño Editorial

La encuesta concluyó con el dictamen de los validadores editoriales. Basado en el rigor compositivo, tipográfico y cromático de la propuesta, el dictamen final del panel evaluador fue de Aprobación Unánime ("Aprobado: Estructura y normativa técnica óptimas para su implementación").

El experto Luis Andrés Díaz Yáñez, en su dictamen técnico de validación, determinó formalmente que la guía educativa cuenta con una:

"Estructura y normativa técnica óptimas para su implementación".

Esta validación por juicio de expertos certifica científicamente que la propuesta metodológica de diseño editorial híbrido cumple con el rigor profesional e institucional para ser implementada como un recurso de aprendizaje didáctico e interactivo de vanguardia para la carrera de Diseño Gráfico.

4.8 Análisis de impacto

Tras la culminación del desarrollo del proyecto, la ejecución de las pruebas de usuario y el respectivo análisis de los resultados, es posible evaluar el nivel de cumplimiento de los objetivos planteados para esta investigación.

Con el propósito de evidenciar el impacto positivo del proyecto en los usuarios, se contrastan los hallazgos con el objetivo general y aquellos objetivos específicos vinculados directamente con la experiencia de usuario (UX) al interactuar con la guía:

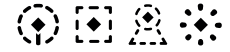
"Objetivo general: Diseñar una guía editorial interactivo que integre realidad aumentada y animación 3D, como dispositivo de mediación didáctica para optimizar la comprensión de esquemas de iluminación en Blender en estudiantes universitarios.

- **Determinar** los parámetros técnicos y estéticos (dirección, intensidad, color y tipo de luz) que influyen en la composición visual de un render de personaje en Blender.
- **Diseñar** la estructura editorial de una publicación didáctica orientada a la enseñanza y comprensión de la iluminación.
- **Desarrollar** las animaciones tridimensionales que representen los efectos resultantes de la manipulación de las luces."

Los resultados obtenidos en las pruebas de usabilidad demostraron un impacto altamente favorable para el proyecto. Se evidenció que la guía proporciona un contenido valioso para estudiantes de niveles inicial e intermedio en el aprendizaje de Blender. Esto se logró mediante la propuesta de textos concisos y de fácil asimilación que clarifican los conceptos técnicos sin saturar al usuario, ofreciendo simultáneamente un soporte visual efectivo para optimizar los resultados estéticos en los proyectos de los estudiantes de la carrera de Diseño Gráfico.

Asimismo, el diseño editorial destaca por su formato ergonómico y funcional, idóneo para la interacción simultánea con la tecnología de realidad aumentada. La correcta aplicación de las jerarquías tipográficas y la estructuración visual de los contenidos potenciaron de forma significativa la dimensión didáctica del producto final.

Por último, el desarrollo de las animaciones tridimensionales permitió superar las limitaciones intrínsecas del formato impreso tradicional. Al integrar



estos recursos dinámicos mediante realidad aumentada, se consolidó un producto híbrido altamente atractivo para los estudiantes contemporáneos, quienes coexisten orgánicamente con la tecnología en su formación académica y actividades cotidianas. Este enfoque aporta una notable innovación a una publicación de naturaleza

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





física, expandiendo sus capacidades pedagógicas hacia un entorno interactivo y disruptivo.

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Tras la culminación del presente proyecto, habiendo recorrido sistemáticamente cada una de las fases de la metodología *Design Thinking* y evaluado los resultados de la etapa de testeo y validación, se concluye de forma categórica que la propuesta cumplió con los objetivos planteados. Este nivel de cumplimiento demuestra la pertinencia del proyecto titulado *"Diseño y desarrollo de una guía educativa interactiva con realidad aumentada para la enseñanza de iluminación 3D en Blender, orientada a estudiantes universitarios de la carrera de Diseño Gráfico"*, al consolidarse como una solución formal que resuelve de manera efectiva la necesidad identificada. La propuesta innova mediante la integración de la tecnología de Realidad Aumentada (RA), actuando como un recurso facilitador en la comprensión de conceptos abstractos y morfológicos de



la luz. Finalmente, las pruebas de usabilidad con el público objetivo evidenciaron la efectividad de la guía para su aplicación directa con el software Blender, posicionándola como un excelente material de soporte pedagógico para las asignaturas de Modelado y Animación 3D.

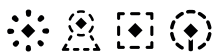
5.2 Sugerencias para la escalabilidad del proyecto

En cuanto a sugerencias, es crucial mencionar que la producción a baja escala de este proyecto es costosa, si bien es una herramienta útil, el bajo tiraje puede ser un ancla para el proyecto. Un tiraje de mil unidades permite que el coste unitario de los folletos de fuentes de iluminación y del folleto de 3point lighting, con los mismos materiales, se reduzca a \$0.90 y \$0.56 respectivamente.

Así mismo, sería pertinente encontrar una solución alterna a la utilización de Artivive para la integración de realidad aumentada, puesto que esta plataforma ofrece opciones de pago para mejora de beneficios, pero tiene un limitante que es el número de visualizaciones mensuales por cuenta. La mejor solución sería encontrar una alternativa a este problema que no permitiría que se muestre el contenido de la guía de manera completa.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS





6 Referencias Bibliográficas

Biondi, L. (2026). *Iluminación para fotografía de producto: Guía completa 2026*. Luciano Biondi Blog. <https://lucianobiondi.com/iluminacion-fotografia-producto/>

Birn, J. (2000). *Digital Lighting & Rendering*. New Riders Publishing.

CG Boost. (2026). *Lighting 3D Characters for Storytelling* [<https://youtu.be/Nn23PAOKldM?si=R4gZRE76qlh9Gmdr>]. YouTube.

Gutiérrez San Miguel, B. (2002). La luz como elemento expresivo de la narrativa audiovisual. *Comunicar*, (18), 101-110. <https://doi.org/10.3916/C18-2002-15>

Muros-Alcojor, A., & Muñoz-Heras, O. (2017). Aprender a ver la luz. La fotografía como herramienta docente. En D. García-Escudero & B. Bardí i Milà (Eds.), *V Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'17)* (pp. 552-566). Iniciativa Digital Politècnica UPC. <https://doi.org/10.5821/jida.2017.5223>

dzoom. (21 de mayo de 2015). *Luz Suave y Luz Dura: Qué Son y Cómo Sacarles Partido*. <https://www.dzoom.org.es/luz-suave-y-luz-dura-que-son-y-como-sacarles-partido/>

Cuaces, J. (2026). *Iluminación y render - Creación de personajes en Blender 3.0* [Archivo de Vídeo]. YouTube.

Ippolito, L. (2026). *Iluminación de 3 Puntos Explicada Paso a Paso (Con Ejemplos Reales)* [Archivo de Vídeo]. YouTube.

Barthes, R. (1986). *Lo obvio y lo obtuso: Imágenes, gestos, voces*. Paidós.

Dondis, D. A. (1973). *A Primer of Visual Literacy*. MIT Press.

Eco, U. (1976). *Tratado de semiótica general*. Lumen.

Heller, E. (2004). *Psicología del color: Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*. Gustavo Gili.

Peirce, C. S. (1974). *La ciencia de la semiótica*. Nueva Visión.

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008.

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2016). Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación. Registro Oficial Suplemento 899 de 9 de diciembre de 2016.

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2018). Ley Orgánica de Educación Superior (LOES). Registro Oficial Suplemento 297 de 2 de agosto de 2018.

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2021). Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. Registro Oficial Quinto Suplemento N° 459 de 26 de mayo de 2021.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2024). Resolución sobre el Fomento de la Economía Naranja y la Declaratoria de las Industrias de Videojuegos. Pleno de la Asamblea Nacional de la República del Ecuador.

Consejo de Educación Superior [CES]. (2022). Reglamento de Régimen Académico. Gaceta Oficial del Consejo de Educación Superior. Guayaquil, Ecuador.



Creative Commons. (2020). Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Recuperado de <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

· Ambrose, G., & Harris, P. (2011). Packaging the Brand: Exploring the Relationship Between Packaging Design and Brand Identity. AVA Publishing.

· Ashby, M. F. (2012). Materials and the Environment: Eco-Informed Material Choice (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.

· Barthes, R. (1977). Image, Music, Text (S. Heath, Trans.). Hill and Wang.

· Calver, G. (2004). What is Packaging Design? Rotovision.

· Heller, E. (2004). Psicología del color: Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón. Editorial Gustavo Gili.

· Hine, T. (1995). The Total Package: The Evolution and Secret Meanings of Boxes, Bottles, Cans, and Other Persuasive Containers. HarperCollins.

· Klimchuk, M. R., & Krasovec, S. A. (2012). Packaging Design: Successful Product Branding From Concept to Shelf (2nd ed.). John Wiley & Sons.

· Koffka, K. (2013). Principles of Gestalt Psychology. Routledge.

· Lindstrom, M. (2010). Brand Sense: Sensory Secrets Behind the Stuff We Buy. Free Press.

· Lofgren, M. (2005). Winning at the First Moment of Truth. In L. L. Lofgren (Ed.), The First Moment of Truth in Marketing (pp. 45-62). Procter & Gamble Publications.

· Lupton, E. (2016). Diseño de tipografía: Retícula, tipos, composición y principios de maquetación (2.ª ed.).

Editorial Gustavo Gili.

· Norman, D. A. (2013). The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition. Basic Books.

· Pheasant, S., & Haslegrave, C. M. (2018). Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work (3rd ed.). CRC Press.

· Pilditch, J. (1973). The Silent Salesman: How to Develop Packaging That Sells. Business Books.

· Robertson, G. L. (2013). Food Packaging: Principles and Practice (3rd ed.). CRC Press.

· Smithers. (2023). The Future of Global Packaging to 2032. Smithers Pira.

· Twede, D. (2016). The History of Packaging. In S. E. Selke (Ed.), Cartonboard Packaging (pp. 12-34). DEStech Publications.

· Aguirre-Herráez, R. G., García-Herrera, D. G., Guevara-Vizcaino, C. F., & Erazo-Álvarez, J. C. (2020). Realidad aumentada y educación en el Ecuador. Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA, 5(5), 415-437. <https://doi.org/10.35381/r.k.v5i5.1052>

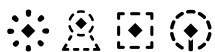
· Ambrose, G., & Harris, P. (2008). Diseño editorial: Periódicos y revistas, retículas y maquetación. Editorial Gustavo Gili.

· Hochuli, J. (2005). El detalle en la tipografía. Campgràfic.

· Lupton, E. (2016). Diseño gráfico: Nuevos fundamentos (2.ª ed.). Editorial Gustavo Gili.

· Müller-Brockmann, J. (2012). Sistemas de retículas: Un manual para diseñadores gráficos (6.ª ed.). Editorial Gustavo Gili. (Trabajo original publicado en 1982).

· Samara, T. (2008). Diseñar con y sin retícula.



Editorial Gustavo Gili.

- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Tschichold, J. (2003). *La nueva tipografía: Manual para diseñadores modernos*. Campgràfic. (Trabajo original publicado en 1928).
- Varela, F., Muñoz, M. C., & Flores, J. (2018). AR Cocoa: diseño e implementación de siete estaciones de realidad aumentada en el campus de la Universidad San Francisco de Quito. *INNOVA Research Journal*, 3(3), 158-171. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.492>
- Albers, J. (2013). *Interaction of Color* (50th Anniversary ed.). Yale University Press. (Obra original publicada en 1963).
- Eco, U. (1976). *A Theory of Semiotics*. Indiana University Press.
- Goldstein, E. B., & Cacciamani, L. (2020). *Sensation and Perception* (11th ed.). Cengage Learning.
- Itten, J. (1975). *The Art of Color: The Subjective Experience and Objective Rationale of Color* (E. van Haagen, Trad.). John Wiley & Sons. (Obra original publicada en 1961).
- Mark, G. (2023). *Attention Span: A Groundbreaking Way to Restore Focus, Balance, and Sanity*. Hanover Square Press.
- Munsell, A. H. (1912). *A Color Notation* (3rd ed.). Boston: Munsell Color Company.
- Newton, I. (1704). *Opticks: Or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*. London: Sam. Smith and Benj. Walford.
- Peirce, C. S. (1958). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce* (C. Hartshorne, P. Weiss, & A. W. Burks, Eds., Vols. 1-8). Harvard University Press. (Obras escritas entre 1931 y 1958).
- Ambrose, G., & Harris, P. (2005). *Fundamentos del diseño gráfico*. Parramón.
- Goethe, J. W. v. (2016). *Teoría de los colores* (C. von der Walde, Trad.). Colección Grandes Ensayos. (Obra original publicada en 1810).
- Heller, E. (2004). *Psicología del color: Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón* (J. Chamorro Mielke, Trad.). Editorial Gustavo Gili.
- Lidwell, W., Holden, K., & Butler, J. (2010). *Principios universales de diseño: 125 formas de mejorar la usabilidad, la influencia, la estética y las decisiones de diseño*. Blume.
- Sanz, J. C. (1993). *El libro del color*. Alianza Editorial.
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. en J. P. Mestre & B. H. Ross (Eds.), *The psychology of learning and motivation: Cognition in education* (Vol. 55, pp. 37-76). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00011-9>
- Eco, U. (1999). *La estructura ausente: Introducción a la semiótica*. Lumen. (Obra original publicada en 1968).
- Frascara, J. (2004). *Diseño gráfico para la gente: Comunicaciones de masa y cambio social*. Ediciones Infinito.
- Lupton, E., y Phillips, J. C. (2016). *Diseño gráfico: Nuevos fundamentos*. Editorial Gustavo Gili.
- Moles, A. (1973). *La imagen: comunicación funcional*. Trillas.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Academic



Press.

· Panofsky, E. (2017). Estudios sobre iconología. Alianza Editorial. (Obra original publicada en 1939).

· Peirce, C. S. (1987). Obra lógico-semiótica (A. Sercovich, Ed.). Taurus.

· Ripa, C. (2002). Iconología (Vols. 1-2). Akal. (Obra original publicada en 1593).

· Tschichold, J. (2003). La nueva tipografía: Un manual para diseñadores modernos. Campgràfic.

· Villafañe, J. (1985). Introducción a la teoría de la imagen. Pirámide.

Akenine-Möller, T., Haines, E., & Hoffman, N. (2018). *Real-Time Rendering* (4.ª ed.). CRC Press.

Animum 3D. (2024). *Keyframe Animation: Aplicación en Producción 3D*. Animum Creativity Advanced School. <https://www.animum3d.com/blog/keyframe-animation/>

Bloop Animation. (2024). *Los 12 principios de la animación*. Bloop Animation Academy. <https://www.bloopanimation.com/es/Los-12-principios-de-la-animaci%C3%B3n/>

CEI. (2024). *¿Qué es y para qué sirve la Retopología en 3D?* CEI Escuela de Diseño y Marketing. <https://cei.es/que-es-la-retopologia-en-3d/>

Clúster de la Economía Creativa EC. (2025). *Animación Audiovisual y Realidad Aumentada en el Ecuador*. Clúster Creativo Ecuador. <https://clustercreativoecuador.org/animacion-audiovisual/>

Galdames Bravo, O. (2017). Modelización con curvas y superficies de Bézier. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 181-197. <https://doi.org/10.4995/msel.2017.3071>

Garay, A. (2024). *Modelado y Rigging en Blender: Flujos*

de trabajo óptimos. Haiku Audiovisual.

Gutiérrez San Miguel, B. (2002). La luz como elemento expresivo de la narrativa audiovisual. *Comunicar*, 18(2), 101-110. <https://doi.org/10.31428/10396/7504>

Hughes, J. F., Van Dam, A., Foley, J. D., Feiner, S. K., McGuire, M., & Sklar, D. F. (2014). *Computer Graphics: Principles and Practice* (3.ª ed.). Addison-Wesley Professional.

Parent, R. (2012). *Computer Animation: Algorithms and Techniques* (3.ª ed.). Morgan Kaufmann.

Rhino. (2024). *¿Qué son las curvas y superficies NURBS?* Robert McNeel & Associates. <https://www.rhino3d.com/es/features/nurbs/>

Shirley, P., & Marschner, S. (2021). *Fundamentals of Computer Graphics* (5.ª ed.). A K Peters/CRC Press.

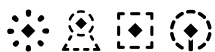
Tokio New Technology School. (2025). *¿Qué es el modelado orgánico 3D? Diferencias y perfiles profesionales*. Tokio School. <https://www.tokioschool.com/noticias/modelado-organico-3d/>

Trazos. (2023). *¿Qué es Retopología en 3D y para qué sirve?* Escuela Trazos Madrid. <https://trazos.net/retopologia-en-3d-que-es-y-para-que-sirve/>

Universidad Casa Grande. (2024). *Licenciatura en Animación Digital: Perfil de egreso y mallas curriculares*. UCG Guayaquil. <https://www.casagrande.edu.ec/grado/animacion-digital/>

Universidad de La Rioja. (2023). *Técnicas de Bézier y B-splines aplicadas al modelado y animación gráficos*. Repositorio de Investigación Dialnet. <https://investigacion.unirioja.es/documentos/655c9893da93c5320dbe71b0>

Universidad de las Américas. (2025). *Carrera de Multimedia y Producción Audiovisual - Campus NODO*.



UDLA Ecuador. <https://www.udla.edu.ec/estudios/pregrado/multimedia-y-produccion-audiovisual/>

Universidad Internacional de La Rioja. (2026). *Maestría en Animación y Modelado 3D para las Industrias del Entretenimiento*. UNIR Ecuador. <https://ecuador.unir.net/disenio/maestria-animacion-y-modelado-3d/>

Universidad Internacional del Ecuador. (2025). *Carrera de Multimedia y Producción Audiovisual en convenio con Arizona State University*. UIDE Quito. <https://www.uide.edu.ec/carrera-de-multimedia-y-produccion-audiovisual/>

Universidad San Francisco de Quito. (2024). *Subespecialización y Licenciatura en Animación Digital*. USFQ. <https://www.usfq.edu.ec/es/subespecializaciones/animacion-digital>

Universidad Internacional de Valencia [VIU]. (2018). *Animación 3D: los 12 principios clásicos y su adaptación*. VIU España. <https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/los-12-principios-de-la-animacion-3d>

Barthes, R. (1986). *Lo obvio y lo obtuso: Imágenes, gestos, voces*. Paidós. (Obra original publicada en 1964)

Barthes, R. (2003). *Ensayos semióticos*. Gedisa Editorial. (Obra original publicada en 1964)

Eco, U. (1999). *La estructura ausente: Introducción a la semiótica*. Lumen. (Obra original publicada en 1968)

Eco, U. (2000). *Tratado de semiótica general*. Lumen. (Obra original publicada en 1976)

Kress, G., & van Leeuwen, T. (2020). *Reading Images: The Grammar of Visual Design* (3.^a ed.). Routledge.

Lotman, Y. (1996). *La semiosfera I: Semiótica de la cultura y del texto*. Cátedra.

Norman, D. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Basic Books.

Peirce, C. S. (1931-1958). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce* (Vols. 1-8, C. Hartshorne & P. Weiss, Eds.). Harvard University Press.

Saussure, F. (2013). *Curso de lingüística general* (A. Alonso, Trad.). Editorial Losada. (Obra original publicada en 1916)

Scolari, C. (2018). *Las leyes de la interfaz: Diseño, ecología, evolución, tecnología*. Gedisa Editorial.

Tamron. (2024). *Guía de uso de reflectores y difusores para retratos*. Tamron Image Master Series. <https://www.tamron.com/guides/reflectors-and-diffusers-portraiture>

Freeman, M. (2014). *Fotografía digital: Luz e iluminación*. Evergreen.



Aviso: durante la redacción de este proyecto de tesis se hizo uso de inteligencia artificial para realizar correcciones de redacción, gramática y ortografía, es decir, se le dio un uso ético a esta herramienta.

