

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

División de Estudios de Posgrado

“Propuesta de Prototipo Para un Contenedor Interactivo Orientado a Niños de Educación Primaria de Seis a Ocho Años para Promover la Recolección y Clasificación de Plásticos”

Tesis

Para Obtener el Grado de:

Maestra en Medios Interactivos

Presenta:

Ing. en Diseño Belen Hernández Villalba

Director:

L.I. Mario A. Moreno Rocha

Huajuapán de León, Oaxaca, octubre de 2024

A Polo, que llenó de calma mis días.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la rectora María de los Ángeles Peralta Arias, cuya confianza en este trabajo y compromiso constante han sido un pilar fundamental para llegar hasta aquí. Mi gratitud también va dirigida al doctor Mario Alberto Moreno Rocha, por la confianza y la paciencia que me brindó a lo largo de este proceso. A la maestra Iliana Herrera Arellano, agradezco los consejos que me alentaron a fortalecer mi confianza, permitiéndome exponer mis ideas con mayor claridad.

Asimismo, extiendo mi agradecimiento a los sinodales, el Dr. Aníbal Arias, el Dr. Eduardo Soto, la Dra. María de la Luz Palacios y el Mtro. M.E.A.F. Carlos Alberto Peral, por dedicar su tiempo a revisar y aportar recomendaciones que enriquecieron este trabajo.

También agradezco a todos los participantes de este proyecto, quienes colaboraron siempre con amabilidad, así como al CONAHCYT, por su valiosa contribución al desarrollo de esta investigación y mi formación durante la maestría.

Agradezco a mi familia y amigos, quienes han sido una constante fuente de inspiración para seguir adelante. Finalmente, extiendo mi gratitud a todos los seres vivos que he tenido el privilegio de conocer, y que, de alguna manera, me han acompañado en este recorrido.

Resumen

La presente tesis se enfoca en el desarrollo de un prototipo de contenedor interactivo orientado a niños de educación primaria, con el objetivo de promover la recolección y clasificación de plásticos. El estudio aborda una problemática significativa: la falta de herramientas educativas efectivas que fomenten el interés de los niños por el reciclaje y su participación en la gestión de residuos. Se eligió la metodología *Design Thinking* para guiar el proceso de diseño y desarrollo del prototipo, considerando la ergonomía y accesibilidad para los niños de seis a ocho años.

En el proyecto colaboraron distintas escuelas públicas de Huajuapán de León, Oaxaca, donde se identificó que gran parte de los residuos generados en el plantel son botellas de plástico. A partir de entrevistas, encuestas y observación, se determinó que la educación ambiental es limitada, por lo que se requiere una herramienta que motive el desarrollo de hábitos de reciclaje.

El prototipo propuesto incluye una interfaz intuitiva, basada en principios de Interacción Humano-Computadora, que facilita el aprendizaje y promueve un cambio comportamental duradero hacia la sostenibilidad. Las pruebas de usabilidad realizadas con niños permitieron evaluar la efectividad del contenedor interactivo en mejorar sus conocimientos sobre reciclaje y fomentar actitudes responsables hacia el medio ambiente.

Esta investigación plantea un modelo replicable para otras regiones, contribuyendo a la formación de ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad.

Índice de Contenido

| | |
|--|------|
| Agradecimientos | V |
| Resumen..... | VII |
| Índice de Figuras..... | XIII |
| Índice de Tablas..... | XV |
| 1. Capítulo I Aspectos Preliminares | 19 |
| 1.1. Introducción..... | 19 |
| 1.2. Planteamiento del Problema..... | 20 |
| 1.3. Hipótesis | 23 |
| 1.4. Objetivo General | 23 |
| 1.5. Objetivos Específicos y Metas..... | 23 |
| 1.6. Limitaciones de la Tesis..... | 25 |
| 2. Capítulo II Marco Teórico | 27 |
| 2.1. Relación del Hombre y el Medio Ambiente..... | 27 |
| 2.2. Economía Circular..... | 29 |
| 2.3. Plásticos: Características y Propiedades | 31 |
| 2.3.1. Contaminación por Plásticos y Efectos en el Medio Ambiente..... | 33 |
| 2.3.2. Tecnologías de Reciclaje de Plástico..... | 35 |
| 2.4. Interacción Humano-Computadora | 37 |
| 2.4.1. Experiencia de Usuario..... | 38 |
| 2.4.1.1. Diseño para niños..... | 39 |
| 2.5. Educación Básica para Niños | 40 |
| 2.5.1. Importancia de la Educación Ambiental en la Formación de Ciudadanos | 43 |
| 2.5.1.1. Multimedia en la Educación..... | 45 |
| 2.6. Conclusión..... | 49 |
| 3. Capítulo III Del Entendimiento al Diseño: Empatía y Definición..... | 51 |
| 3.1. Metodología..... | 52 |
| 3.2. Análisis del Contexto | 54 |
| 3.2.1. Estudio Contextual..... | 55 |
| 3.2.1.1. Objetivo del Estudio Contextual..... | 55 |
| 3.2.1.2. Ficha Técnica del Estudio Contextual..... | 55 |
| 3.2.1.3. Actividades Realizadas en el Estudio Contextual..... | 57 |
| 3.2.1.4. Resultados del Estudio Contextual..... | 59 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 3.2.2. | Entrevistas con Expertos | 61 |
| 3.2.2.1. | Objetivo de la Entrevista con Expertos..... | 61 |
| 3.2.2.2. | Ficha Técnica de la Entrevista con Expertos..... | 61 |
| 3.2.2.3. | Implementación de la Entrevista con Expertos | 62 |
| 3.2.2.4. | Resultados de la Entrevista con Expertos | 63 |
| 3.2.3. | <i>Focus Group</i> | 64 |
| 3.2.3.1. | Objetivo del <i>Focus Group</i> | 65 |
| 3.2.3.2. | Ficha Técnica del <i>Focus Group</i> | 65 |
| 3.2.3.3. | Implementación del <i>Focus Group</i> | 66 |
| 3.2.3.4. | Resultados del <i>Focus Group</i> | 67 |
| 3.3. | Procesamiento la Información | 69 |
| 3.3.1. | Declaraciones del Punto de Vista (<i>Point of View</i>) | 70 |
| 3.3.2. | Generación de Personas | 77 |
| 3.3.3. | <i>Customer Journey Map</i> | 81 |
| 3.4. | Conclusión..... | 85 |
| 4. | Capítulo IV Moldeando Ideas: El Viaje desde la Ideación hasta el Prototipo | 87 |
| 4.1. | Desarrollo de Brainstorming para la Etapa de Ideación | 87 |
| 4.1.1. | Integración Creativa a Través de <i>Design Workshop</i> | 97 |
| 4.1.2. | Implementación de la Herramienta SCAMPER..... | 98 |
| 4.1.3. | Definiendo Tareas del Proyecto | 102 |
| 4.2. | Modelando Ideas | 104 |
| 4.2.1. | Diseño del Contenedor Interactivo Prototipo Semilla Alfa..... | 105 |
| 4.2.1.1. | Ergonomía y Accesibilidad..... | 105 |
| 4.2.2. | Prototipado Rápido..... | 110 |
| 4.2.2.1. | Técnicas de Prototipado Rápido Utilizadas..... | 110 |
| 4.2.2.2. | Validación de Conceptos..... | 113 |
| 4.2.3. | Prototipo Semilla Alfa del Contenedor e Iteración II..... | 116 |
| 4.2.4. | Diseño de la Interfaz de Usuario: Estructuración y Prototipado..... | 120 |
| 4.3. | Conclusión..... | 124 |
| 5. | Capítulo V Afinando la Experiencia: Evaluación y Mejora del Prototipo | 125 |
| 5.1. | Interacción Retroalimentación de los Usuarios: Evaluaciones..... | 125 |
| 5.1.1. | Metodología de Evaluación..... | 125 |
| 5.1.1.1. | Evaluación | 126 |
| 5.1.1.2. | Resultados y Análisis de las Evaluaciones de Usabilidad | 128 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 5.2. | Refinamiento de Diseño | 131 |
| 5.2.1. | Optimización de la interfaz | 135 |
| 5.2.2. | Sistema de Diseño | 138 |
| 5.2.2.1. | Biblioteca de Componentes Visuales..... | 139 |
| 5.2.2.2. | Paleta de Colores | 141 |
| 5.3. | Mejora y Evaluación Continua | 144 |
| 5.3.1. | Evaluación Interfaz | 149 |
| 5.3.2. | Resultados y Análisis | 151 |
| 5.4. | Conclusión..... | 154 |
| 6. | Capítulo VI Lecciones Aprendidas | 155 |
| 6.1. | Relación de los hallazgos con la Hipótesis de la investigación y objetivos | 155 |
| 6.1.1. | Cumplimiento de los Objetivos Específicos | 156 |
| 6.1.2. | Impacto General del Estudio..... | 159 |
| 6.2. | Relación de los hallazgos con la teoría y métodos discutidos previamente..... | 160 |
| 6.2.1. | Teoría de la Interacción Humano-Computadora | 160 |
| 6.2.2. | Metodología <i>Design Thinking</i> | 161 |
| 6.2.3. | Interpretación de Resultados | 163 |
| 6.3. | Relación de los hallazgos con las brechas en la literatura..... | 164 |
| 6.3.1. | Brechas Identificadas | 164 |
| 6.3.2. | Comparación con Estudios Previos | 165 |
| 6.3.3. | Evaluaciones Empíricas en Entornos Reales | 166 |
| 6.4. | Implicaciones de los hallazgos..... | 168 |
| 6.4.1. | Implicaciones Teóricas | 168 |
| 6.4.2. | Implicaciones Prácticas..... | 169 |
| 6.5. | Limitaciones del Estudio y Recomendaciones para Investigaciones Futuras | 170 |
| 6.5.1. | Limitaciones del Estudio | 170 |
| 6.5.2. | Recomendaciones para Investigaciones Futuras | 171 |
| 6.6. | Conclusión..... | 173 |
| | Anexos..... | 177 |
| | Referencias..... | 183 |

Índice de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Filtración al Medio Ambiente de Toneladas de Macroplásticos y Microplásticos en 2019 | 21 |
| Figura 2. Metodología de <i>Design Thinking</i> | 52 |
| Figura 3 Metodología <i>Design Thinking</i> Etapas: Empatizar y Definir | 54 |
| Figura 4 Salón de Clases con Niños de Primer Grado | 58 |
| Figura 5 Empaque de Golosinas en Entorno Escolar..... | 58 |
| Figura 6 Basurero Improvisado en la Escuela Primaria | 59 |
| Figura 7 Entrevista con Expertos | 62 |
| Figura 8 <i>Focus Group</i> Realizado en el UsaLab Laboratorio de Usabilidad UTM..... | 67 |
| Figura 9 Matriz de Priorización..... | 76 |
| Figura 10 Diagrama de las Personas..... | 78 |
| Figura 11 Persona 1..... | 79 |
| Figura 12 Persona 2..... | 80 |
| Figura 13 Customer Journey Map..... | 82 |
| Figura 14 Gráfico Burbuja | 84 |
| Figura 15 Diagrama de Convergencia Creativa..... | 88 |
| Figura 16 Árbol de Exploración de Ideas de: Aplicaciones Educativas | 89 |
| Figura 17 Diagrama Radial de las Ideas para: Aplicaciones Educativas..... | 90 |
| Figura 18 Árbol de Exploración de Ideas de: Historietas y Cuentos Ilustrados sobre Reciclaje..... | 91 |
| Figura 19 Diagrama Radial de las Ideas para: Historietas y Cuentos Ilustrados sobre Reciclaje..... | 92 |
| Figura 20 Árbol de Exploración de Ideas de: Vídeos y Documentales Creativos en el Aula..... | 93 |
| Figura 21 Diagrama Radial de las Ideas para: Vídeos y Documentales Creativos en el Aula..... | 94 |
| Figura 22 Evolución Conceptual | 96 |
| Figura 23 Resultados del <i>Design Workshop</i> | 98 |
| Figura 24 Dimensiones Antropométricas en Niñas de Seis a Ocho años..... | 107 |
| Figura 25 Dimensiones Antropométricas en Niñas de Seis a Ocho años..... | 108 |
| Figura 26 Comparación de Alturas Promedio por Edad en Niños de 6 a 8 Años..... | 109 |
| Figura 27 Boceto de Propuesta 1 | 111 |
| Figura 28 Boceto de Propuesta 2..... | 112 |
| Figura 29 Boceto de Propuesta 3..... | 112 |
| Figura 30 Evaluación Participativa del Prototipo a través de la Historieta | 114 |
| Figura 31 Evaluación de la Historieta con Usuarios Potenciales..... | 115 |
| Figura 32 Resultados de la Evaluación de la Historieta con Niños y Niñas | 116 |

| | |
|--|-----|
| Figura 33 Prueba de Usabilidad en el Laboratorio de Usabilidad Usalab con la Usuaría y la Facilitadora | 118 |
| Figura 34 Resultados de la Prueba de Usabilidad en Relación a la Eficiencia | 119 |
| Figura 35 Árbol de Navegación para Elaboración de Wireframes | 122 |
| Figura 36 Árbol de Navegación Interfaces de Baja Fidelidad | 123 |
| Figura 37 Prototipo Semilla Beta para Evaluación en Escuela Primaria “Vicente Guerrero” | 128 |
| Figura 38 Resultados de la Evaluación..... | 129 |
| Figura 39 Resultados de la Evaluación en Relación a la Eficiencia | 130 |
| Figura 40 Usuarios Evaluando el Prototipo Semilla | 131 |
| Figura 41 Render el Prototipo Semilla .. para Evaluación..... | 132 |
| Figura 42 Usuario en Prueba de Usabilidad en el Laboratorio Usalab de la UTM..... | 133 |
| Figura 43 Resultados de la Prueba de Usabilidad en Relación a la Eficiencia | 134 |
| Figura 44 Resultados de la Encuesta sobre Preferencias de Iconos por Niños..... | 138 |
| Figura 45 Icono Final para Residuos de Papel y Directrices de Diseño Detalladas | 139 |
| Figura 46 Icono Final para Residuos Orgánicos y Directrices de Diseño Detalladas | 140 |
| Figura 47 Icono Final para Residuos Plásticos y Directrices de Diseño Detalladas | 140 |
| Figura 48 Paleta de Colores Primarios y Secundarios..... | 142 |
| Figura 49 Paleta de Colores Neutrales y Complementarios..... | 143 |
| Figura 50 Comparación de la Pantalla de Inicio: Propuesta Inicial vs. Propuesta de Iteración..... | 144 |
| Figura 51 Comparación de la Pantalla de Selección: Propuesta Inicial vs. Iteraciones | 145 |
| Figura 52 Pantalla para Clasificación de Desechos Plásticos..... | 146 |
| Figura 53 Pantalla para Clasificación de Desechos Orgánicos..... | 147 |
| Figura 54 Pantalla para Clasificación de Desechos de Papel..... | 148 |
| Figura 55 Pruebas de Usabilidad en el Laboratorio de Usabilidad UsaLab | 150 |
| Figura 56 Pruebas de Usabilidad en el Laboratorio de Usabilidad UsaLab | 150 |
| Figura 57 Resultados de la Prueba de Usabilidad..... | 152 |
| Figura 58 Mapa de Navegación de las Pantallas | 153 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Resultados Comparativos entre Método Convencional y Método Citra | 48 |
| Tabla 2 Ficha Técnica del Estudio Contextual..... | 56 |
| Tabla 3 Listado de Actividades Realizadas en el Estudio Contextual | 57 |
| Tabla 4 Resultados Cuantitativos de Observaciones en el Aula..... | 60 |
| Tabla 5 Resultados Cualitativos de Observaciones en el Aula..... | 60 |
| Tabla 6 Ficha Técnica de Entrevista con Expertos..... | 62 |
| Tabla 7 Datos Cuantitativos de Entrevista con Expertos | 63 |
| Tabla 8 Datos Cualitativos de Entrevista con Expertos..... | 64 |
| Tabla 9 Ficha Técnica de Entrevista con Expertos..... | 65 |
| Tabla 10 Resultados Cuantitativos de <i>Focus Group</i> | 68 |
| Tabla 11 Datos Cualitativos de <i>Focus Group</i> | 68 |
| Tabla 12 Declaraciones del Punto de Vista | 71 |
| Tabla 13 Ejemplo de la Aplicación de la Herramienta <i>How Might We?</i> | 72 |
| Tabla 14 De Desafíos a Oportunidades: Conectando POV con <i>How Might We?</i> | 73 |
| Tabla 15 Generación de Ideas: De Preguntas a Soluciones | 74 |
| Tabla 16 SCAMPER: Sustituir..... | 99 |
| Tabla 17 SCAMPER: Combinar..... | 99 |
| Tabla 18 SCAMPER: Adaptar | 100 |
| Tabla 19 SCAMPER: Modificar | 100 |
| Tabla 20 SCAMPER: Poner en otros usos..... | 101 |
| Tabla 21 SCAMPER: Eliminar | 101 |
| Tabla 22 SCAMPER: Reordenar..... | 102 |
| Tabla 23 Tareas Validadas para Evaluación en Prototipos | 103 |
| Tabla 24 Recomendaciones de Diseño Ergonómico Basadas en Medidas Antropométricas | 109 |
| Tabla 25 Ficha Técnica para la Prueba del Prototipo Semilla Alfa e Iteración II..... | 117 |
| Tabla 26 Actividades del Prototipo Semilla Alfa e Iteración II..... | 117 |
| Tabla 27 Respuestas del Cuestionario..... | 118 |
| Tabla 28 Actividades para Evaluación de Prototipo Semilla | 127 |
| Tabla 29 Ficha Técnica para la Evaluación del Prototipo Semilla..... | 127 |
| Tabla 30 Ficha Técnica para la Evaluación del Prototipo Semilla Beta..... | 133 |

Tabla 31 Ficha Técnica para la Evaluación de la Interfaz 149

1. Capítulo I | Aspectos Preliminares

1.1. Introducción

El siguiente trabajo presenta las contribuciones clave de una investigación centrada en el desarrollo de un prototipo de contenedor interactivo, destinado a mejorar la educación ambiental entre niños de educación primaria. En el documento se aborda desafíos críticos en el ámbito de la gestión de residuos y la sostenibilidad, ofreciendo soluciones innovadoras mediante una intersección entre tecnología educativa y prácticas ambientales.

La investigación se centra en un problema significativo: la ineficacia de los métodos tradicionales de educación ambiental para fomentar una comprensión profunda y comportamientos sostenibles en los niños. Esta deficiencia se manifiesta especialmente en la falta de herramientas educativas que capturan efectivamente el interés y la participación activa de este grupo etario. Además, el contexto local de Huajuapán de León, Oaxaca, presenta desafíos adicionales, como la insuficiente infraestructura para la gestión de residuos y una implementación limitada de educación ambiental en las escuelas, complicando aún más la promoción de prácticas sostenibles.

El estudio se guía por preguntas específicas que exploran cómo la interactividad puede aumentar la eficacia de la educación ambiental, la capacidad del contenedor interactivo para fomentar hábitos sostenibles y las características más efectivas del prototipo para enseñar sobre la clasificación y recolección de plásticos. La hipótesis central sugiere que el uso de un contenedor interactivo, enriquecido con contenido multimedia y técnicas interactivas, mejorará significativamente la capacidad de los niños para clasificar y recolectar plásticos, además de aumentar su comprensión de la importancia del reciclaje.

Desde una perspectiva epistemológica, el estudio adopta un enfoque pragmático, priorizando el conocimiento aplicable y directamente útil para resolver problemas prácticos. Este enfoque se refleja en la utilización de métodos mixtos, que permiten una evaluación comprensiva tanto cuantitativa como cualitativa del prototipo desarrollado. Ontológicamente, se fundamenta en el constructivismo, considerando la realidad del aprendizaje y del comportamiento ambiental como fenómenos susceptibles de ser influenciados y modificados mediante intervenciones educativas diseñadas específicamente para este propósito.

Más allá de sus hallazgos específicos, el estudio enriquece la comprensión general y la práctica en el campo de la educación ambiental, mediante la demostración de cómo la tecnología interactiva puede ser utilizada efectivamente para educar a niños en sostenibilidad. El prototipo del contenedor interactivo actúa como un caso de estudio innovador en la aplicación de *Design Thinking* para la creación de herramientas educativas empáticas, efectivas y atractivas. Además, al fomentar la interdisciplinariedad, este trabajo subraya la importancia de combinar conocimientos de diseño, psicología educativa, tecnología y ciencias ambientales para abordar problemas complejos de sostenibilidad.

Este estudio no solo proporciona una solución práctica a un problema urgente de educación y gestión ambiental, sino que también plantea un modelo replicable y escalable que podría ser adaptado en otras regiones y contextos educativos. Así, la investigación no solo responde a necesidades inmediatas, sino que también contribuye a la formación de futuras generaciones más conscientes y comprometidas con la sostenibilidad del planeta.

La creciente preocupación por el manejo adecuado de residuos plásticos en las escuelas públicas subraya la necesidad de desarrollar soluciones innovadoras y accesibles. Este estudio se motiva por la necesidad urgente de educar a las nuevas generaciones sobre la sostenibilidad y la gestión de residuos. Como estudiante mixteca comprometida con la aplicación de tecnología útil en todos los sectores, mi objetivo es diseñar un prototipo de contenedor interactivo que no solo facilite la recolección de residuos, sino que también eduque y sensibilice a los niños sobre la importancia del reciclaje. Al integrar principios de *User Experience*, *User Interface* y *Human-Computer Interaction*, este proyecto busca diseñar un contenedor que sea funcional, estético, intuitivo y educativo para niños de educación primaria. Al abordar la problemática desde una perspectiva educativa, se pretende cultivar un compromiso temprano con el medio ambiente y fomentar hábitos de reciclaje que contribuyan a la construcción de un futuro más sostenible."

1.2. Planteamiento del Problema

El crecimiento de la población y el aumento de los ingresos per cápita han hecho que el uso mundial de plásticos, incluidos los aditivos y las fibras, alcance 460 millones de toneladas en 2019 (Plastics Europe, 2020). Los volúmenes utilizados de estos polímeros sintéticos han aumentado constantemente

y más rápidamente que cualquier otro producto básico, incluido acero, aluminio y cemento (IEA, 2018).

Para 1940 se tuvo la primera producción a escala industrial de polímeros sintéticos y desde entonces la producción, consumo y generación de Residuos Sólidos Plásticos ha aumentado de manera exponencial (Al-Salem et al., 2009)

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el mundo produce el doble de residuos plásticos que hace dos décadas de los cuales la mayor parte se destina a relleno sanitario, se incinera o se filtra en el medio ambiente, y apenas el 9% se recicla con éxito.

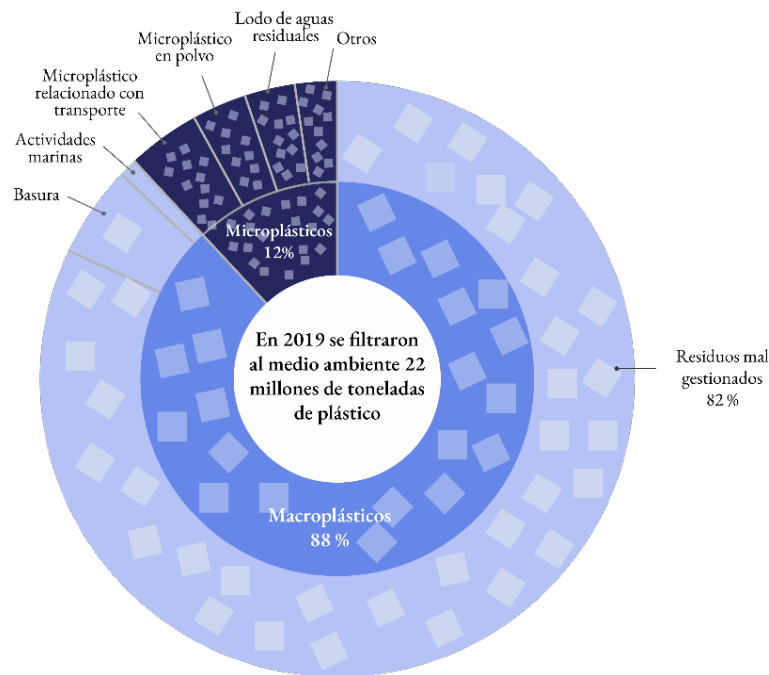


Figura 1. Filtración al Medio Ambiente de Toneladas de Macroplásticos y Microplásticos en 2019
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Global Plastics Outlook Database, 2022.

Como se ilustra en la Figura 1, la contaminación por plásticos, especialmente los macroplásticos, que representan el 88% del total filtrado al ambiente en 2019, se debe en gran medida a prácticas inadecuadas de recolección y eliminación de residuos. Este año, se filtraron al medio ambiente 22 millones de toneladas de plásticos, incluidos macro y microplásticos. Además de los macroplásticos, los microplásticos, que son partículas de plástico de menos de 5 mm originadas de fuentes como gránulos industriales, textiles sintéticos, y el desgaste de neumáticos, constituyen un 12% significativo

de esta contaminación. Estos datos subrayan la importancia crítica de mejorar la gestión de residuos plásticos para mitigar su impacto en el medio ambiente (OECD, 2022).

Latinoamérica presenta diversas complicaciones en cuanto a la instalación del reciclaje como un sistema de gestión sostenible de residuos, por lo que aún mantiene las tasas más bajas comparado con el resto del mundo. Montevideo, Bogotá y Ciudad de México se posicionaron como los principales impulsores del reciclaje, pero aún están por debajo del 13.5% mundial (The Food Tech, 2022). En México se producen alrededor de 102 mil toneladas de basura todos los días, de este total, solo el 83% se logra recolectar, sin embargo, de esta cifra únicamente el 6 % se logra reciclar (Calderón, 2022) .

En el caso de México, la contaminación con residuos plásticos es un problema grave debido a la falta de infraestructura y políticas adecuadas para manejar los residuos. Según datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), México es el noveno país en el mundo en generación de residuos plásticos, con una tasa de reciclaje del 5% , además, el problema se agrava debido a la falta de conciencia y educación sobre el manejo adecuado de los residuos (INECC, 2019).

En Oaxaca, el problema es aún más acentuado debido a la falta de acceso a servicios de recolección y tratamiento de residuos en muchas comunidades rurales y poblados costeros. Según un estudio realizado por Cruz Salas et al., (2020) los residuos plásticos en playas de Oaxaca representan el 5% de los residuos totales, con una mayor presencia en playas urbanas y turísticas, donde se registró una densidad de residuos plásticos de hasta 1.350 piezas por km². Igualmente, el estudio también señala que la mayoría de los residuos plásticos encontrados en las playas de Oaxaca son de origen comercial, lo que sugiere una falta de conciencia y responsabilidad por parte de los productores y distribuidores de estos productos. Al mismo tiempo, se observa poco avance e interés sobre la incorporación de la educación ambiental en los diferentes niveles educativos. Por lo que se puede atribuir que pocas son las instituciones de educación superior normal que cuenten con programas o actividades específicas para abordar la temática ambiental.(Pedagógica Nacional Universidad, 2021).

En un estudio realizado el día 27 de noviembre del 2022 en la Escuela Primaria Federal Coronel Valerio Trujano de la Ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca, se pudo identificar a través de herramientas como entrevistas, encuestas y observación, que aproximadamente el 60% de los desechos que producen los niños de esta escuela son botellas de plástico. Además, se constató que el 4 de cada 5 salones no cuenta con contenedores para distintos tipos de basura. Los profesores de la escuela mostraron interés por enseñar temas de educación ambiental, sostenibilidad y reciclaje, pero no se

aplican actividades recurrentes para crear hábitos en los niños. Por lo tanto, es importante crear herramientas que estimulen de manera genuina el desarrollo de estos hábitos como el reciclaje y clasificación de plástico. Incentivar hábitos sustentables en niños a través de herramientas tecnológicas que fomenten la recolección y clasificación correcta de plástico en escuelas primarias, es una medida importante para promover la conciencia ambiental en la sociedad.

1.3. Hipótesis

Al utilizar un contenedor interactivo que promueve la cultura del reciclaje a través de contenido multimedia, los niños de nivel primaria de Seis a Ocho años de una escuela en Huajuapán de León aprenderán a identificar y clasificar plásticos comunes en su entorno escolar, comprendiendo así la importancia general del reciclaje de plásticos.

1.4. Objetivo General

Diseñar un prototipo funcional de un contenedor interactivo que promueva la recolección y clasificación de plástico en niños de nivel primaria de Seis a Ocho años de una escuela primaria de la Ciudad de Huajuapán de León mediante el uso de tecnología y contenido multimedia.

1.5. Objetivos Específicos y Metas

De acuerdo a la metodología *Design Thinking* se realizaron los siguientes objetivos y metas para desarrollar este proyecto de tesis:

- a) Reconocer el contexto específico de una escuela primaria en Huajuapán de León en relación a la recolección de plásticos y evaluar el uso de la tecnología entre los niños de nivel primaria.
 - Estudio contextual en una escuela primaria pública de Huajuapán de León, Oaxaca, para conocer la relación de los niños con la recolección de plástico y su impacto en el contexto.
 - Reporte sobre la relación de los niños y la recolección de plástico a partir del estudio contextual realizado.

- Entrevistas y encuestas con el personal académico de nivel primaria para evaluar su interés y conocimiento sobre la recolección y clasificación de plástico en las escuelas.
 - Reporte sobre el uso de tecnología en las escuelas primarias y su impacto en el aprendizaje académico.
 - Encuesta a niños de una escuela primaria de Huajuapán de León para evaluar su conocimiento y utilización de dispositivos electrónicos
 - Lista de datos de los estudios, entrevistas y encuestas.
- b) Analizar e interpretar los datos obtenidos a través de la investigación para determinar las tendencias, patrones, necesidades y problemas de los usuarios en relación con la clasificación de plásticos
- Diagrama de afinidad para organizar y sintetizar los datos recopilados.
 - Mapas de empatía para comprender las necesidades, deseos, preocupaciones y comportamientos de los usuarios.
 - Historias de usuario que representen de manera concreta y detallada las necesidades, deseos y comportamientos de los usuarios en relación a las tendencias, patrones y problemas identificados.
 - Flujo que permita a los usuarios satisfacer sus necesidades de manera eficiente y sencilla.
- c) Generar ideas y conceptos para un contenedor interactivo con contenido multimedia para promover la recolección y clasificación de plásticos orientado a niños de nivel primaria.
- Lista de ideas y conceptos a partir de la técnica SCAMPER
 - Matriz de puntos de valor
 - Esquemas y bocetos de prototipo físico de los contenedores
 - Modelos en papel y cartón del prototipo físico
 - Prototipos de baja fidelidad de la interfaz
 - Reporte de evolución con usuarios en un ambiente controlado
- d) Elaborar un prototipo funcional de un contenedor interactivo que promueva la recolección y clasificación de plástico en niños de escuelas primarias de la Ciudad de Huajuapán de León mediante el uso de tecnología y contenido multimedia
- Sistema de diseño que cumpla los requerimientos de accesibilidad, usabilidad y estética para el contenedor
 - Contenido multimedia educativo para enseñar a los niños sobre la importancia de recolectar y clasificar correctamente el plástico.
 - Modelo de alta fidelidad a través de software especializado.

- e) Realizar pruebas de usuario con el prototipo de alta fidelidad del contenedor interactivo para evaluar su funcionalidad y eficacia en promover la recolección y clasificación de plástico en niños de escuelas primarias de la Ciudad de Huajuapán de León
- Pruebas de usabilidad con usuarios en un contexto real.
 - Reporte sobre el uso del prototipo funcional en un contexto real.
 - Reporte sobre la recolección de plástico través de la propuesta.
 - Evaluación con usuarios antes de usar el prototipo y después de usarlo.
 - Análisis de los datos recopilados.

1.6. Limitaciones de la Tesis

Este trabajo se centra en el desarrollo de un prototipo de contenedor interactivo para promover la conciencia ambiental y la educación sobre el reciclaje y la clasificación de plásticos entre niños de educación primaria. El objetivo es mejorar la comprensión y la participación en el reciclaje a través del uso de tecnología y contenido multimedia. Además, se enfatiza que el trabajo se centra en el desarrollo del prototipo físico y no en el desarrollo de software. Se llevarán a cabo pruebas antes y después del uso del prototipo para evaluar su efectividad, pero no se realizarán sesiones prolongadas de prueba

El Capítulo 1 ha establecido las bases para comprender el impacto significativo de la educación ambiental interactiva en los niños de educación primaria. Al adoptar un enfoque pragmático, este estudio se enfoca en el desarrollo y la evaluación de un prototipo de contenedor interactivo que no solo enseña a los niños a clasificar y reciclar plásticos, sino que también fomenta un cambio comportamental duradero hacia prácticas más sostenibles. Mediante el uso de métodos mixtos, se ha logrado una evaluación comprensiva del prototipo, revelando su eficacia en mejorar tanto el conocimiento como las actitudes de los niños respecto al reciclaje y la gestión de residuos.

2. Capítulo II | Marco Teórico

El capítulo 2 del presente documento ofrece una exploración exhaustiva de la relación intrincada y evolutiva entre el ser humano y su entorno natural, abarcando desde las interacciones iniciales de supervivencia hasta las complejas dinámicas contemporáneas que influyen en la sostenibilidad global. Este análisis comienza con una revisión de las primeras sociedades humanas, destacando cómo las estrategias de caza y recolección dieron paso a la agricultura, marcando un cambio fundamental en la manipulación del entorno natural para satisfacer necesidades básicas y fomentar el asentamiento y el crecimiento demográfico.

El capítulo también aborda la era contemporánea, donde emergen conceptos como la economía circular y la educación ambiental como respuestas críticas a los problemas ecológicos exacerbados por siglos de industrialización y crecimiento desmedido. Se argumenta que estas estrategias no solo son necesarias para mitigar los efectos adversos de las prácticas pasadas y presentes, sino también esenciales para redefinir la interacción humana con el medio ambiente de una manera que fomente la sustentabilidad y la resiliencia.

A través de este análisis histórico y crítico, el capítulo destaca la necesidad urgente de un cambio paradigmático en cómo los seres humanos interactúan con y gestionan los recursos naturales. La finalidad es proporcionar un contexto profundo y reflexivo que no solo ilustre los desafíos actuales, sino que también guíe hacia soluciones futuras que permitan una coexistencia equilibrada y sostenible con el medio ambiente, asegurando la salud del planeta para las generaciones futuras.

2.1. Relación del Hombre y el Medio Ambiente

La historia del ser humano y su relación con el medio ambiente se ha desarrollado a lo largo de millones de años, demostrando su capacidad única para adaptarse y transformar su entorno con el fin de asegurar su supervivencia en la Tierra. Desde el surgimiento del Homo Erectus hace aproximadamente 1.9 millones de años, los seres humanos han mostrado su capacidad para adaptarse y transformar su entorno con el objetivo de sobrevivir y prosperar en la Tierra (Diamond, 2005).

A lo largo de su evolución, han adquirido habilidades y desarrollado herramientas cada vez más sofisticadas, mejorando sus capacidades cognitivas y sociales, y formando comunidades cada vez más complejas (Johnson, 1987). Esta prolongada historia de adaptación y transformación ha llevado a la humanidad a enfrentar numerosos desafíos en su interacción con el medio ambiente. Conforme las sociedades humanas han evolucionado, se ha observado un creciente impacto sobre los recursos naturales y los ecosistemas que sustentan la vida en el planeta, subrayando la necesidad de una comprensión más profunda de cómo las actividades humanas influyen en el entorno natural. La transición de la caza y recolección a la agricultura y la domesticación de animales marcó un cambio fundamental en la historia de la humanidad. Los primeros asentamientos sedentarios, conocidos como aldeas neolíticas, emergieron entre los años 6000 y 8000 a.C., iniciando la Revolución Neolítica. Estos asentamientos permitieron a los seres humanos establecer una relación más profunda y directa con su entorno, facilitando el cultivo de plantas y la cría de animales, lo que a su vez propició una mayor estabilidad y el desarrollo de sistemas sociales y económicos más complejos (Trigger, 2007).

Sin embargo, a lo largo de este proceso de transformación, los seres humanos empezaron a percibir la naturaleza principalmente como un recurso al servicio de sus necesidades, obviando su carácter integral y las consecuencias a largo plazo de sus acciones. Worster (1994) señala que durante la industrialización del siglo XIX, prevalecía una visión antropocéntrica, considerando los recursos naturales como inagotables y disponibles para una explotación indiscriminada. Esta mentalidad fomentó un modelo económico que priorizaba la maximización de la producción y el consumo, sin considerar los límites y la vulnerabilidad de los ecosistemas.

La relación entre las actividades humanas y el medio ambiente ha sido un tema de creciente preocupación en las últimas décadas. La población mundial ha experimentado un crecimiento en avances tecnológicos y económicos sin precedentes, se ha vuelto cada vez más evidente que las acciones humanas tienen un impacto significativo en los ecosistemas y los recursos naturales que sustentan la vida en el planeta.

De acuerdo con la OECD (2023) la actividad económica y el bienestar humano están intrínsecamente ligados a la naturaleza, y la pérdida de biodiversidad es considerada una de las amenazas fundamentales para la humanidad. Esta pérdida, junto con la degradación del medio ambiente y la desaparición de los servicios ecosistémicos, impone costos particularmente elevados para los países en desarrollo, los cuales a menudo carecen de los marcos regulatorios, financiamiento, y recursos humanos y tecnológicos necesarios para conservar y gestionar la biodiversidad de manera efectiva.

La conciencia ambiental ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo, particularmente marcada por eventos en la década de 1970. La publicación de 'Silent Spring' por Rachel Carson en 1962, que denunció los peligros de los pesticidas, y el primer Día de la Tierra en 1970, que movilizó a millones de personas globalmente para demandar una mayor protección ambiental, son ejemplos de cómo la percepción pública comenzó a cambiar de una visión antropocéntrica del mundo, donde los seres humanos eran vistos como el centro del universo con recursos naturales considerados inagotables, hacia una perspectiva más ecocéntrica que reconoce la interdependencia entre los seres humanos y el medio ambiente y busca promover prácticas sostenibles (Dunlap & Van Liere, 2008).

Además, la década de 1970 vio la creación de varias agencias gubernamentales y la promulgación de leyes y regulaciones ambientales cruciales, como la Ley de Aire Limpio y la Ley de Agua Limpia en los Estados Unidos (Steg & Vlek, 2009). Desde entonces, la conciencia ambiental ha continuado creciendo y profundizándose, con avances significativos en la protección del medio ambiente. Estos cambios en la percepción y regulación subrayan la necesidad de una educación ambiental efectiva y comprensiva desde una edad temprana, destacando la importancia de integrar estos aprendizajes en las escuelas para fomentar una generación que valore y practique la sostenibilidad.

2.2. Economía Circular

La economía es la ciencia que estudia cómo individuos y sociedades asignan recursos limitados para satisfacer necesidades ilimitadas, analizando comportamientos tanto de agentes individuales como de la economía en su conjunto. (Dornbusch et al., n.d.). A comportamientos tanto de agentes individuales, como consumidores y empresas, como de la economía en su conjunto, a través de sus formas: economía de mercado, planificada y mixta. La economía de mercado se caracteriza por la mínima intervención estatal, mientras que en la economía planificada, el estado toma las decisiones económicas principales. La economía mixta combina aspectos del libre mercado con la regulación estatal para corregir fallas de mercado y proporcionar bienestar social. Este entendimiento es esencial para profundizar en conceptos como la economía circular, que promueve un uso más eficiente y sostenible de los recursos. (Samuelson & Nordhaus, 2006)

La economía circular es un modelo innovador que busca superar el ciclo tradicional de ‘producir, usar y desechar’. Promueve la valorización sostenida de los productos y materiales, con el objetivo de mantener su utilidad y valor en la economía durante el mayor tiempo posible (European Commission, 2015). Geissdoerfer et al., (2017) describen la economía circular como un sistema económico orientado a maximizar la reutilización, la reparación y el reciclaje de productos y materiales, minimizando así la generación de residuos y reduciendo la extracción de recursos naturales. Stahel (2016) amplía esta definición al proponer que la economía circular también implica cerrar los ciclos de producción y consumo, transformando los productos al final de su vida útil en recursos para otros nuevos, mientras se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y se potencia el crecimiento laboral.

También, Bocken et al., (2016) sostienen que este modelo se basa en un enfoque sistémico que optimiza los flujos de materiales, energía y conocimiento, buscando mantener los productos, componentes y materiales en uso el mayor tiempo posible y fomentando la regeneración de los recursos. Los beneficios de la economía circular son significativos, contribuyendo al desarrollo sostenible al minimizar el desperdicio y maximizar la eficiencia en el uso de los recursos. Esto alivia la presión sobre los ecosistemas y los recursos naturales, facilitando su conservación y protección. Además, este modelo tiene el potencial de generar crecimiento económico al incentivar la innovación y la creación de nuevas empresas y modelos de negocio. La transición hacia un sistema más circular estimula la demanda de servicios como la reparación, remanufactura, reciclaje y diseño sostenible, lo que a su vez minimiza la dependencia de recursos finitos y fomenta la diversificación económica. Adoptar enfoques circulares también fortalece las comunidades, haciéndolas más resilientes a choques económicos y ambientales debido a una menor exposición a la escasez de recursos (Stahel, 2016).

Esta economía ofrece oportunidades para repensar y rediseñar los sistemas existentes en una amplia gama de sectores industriales, desde la producción y consumo de bienes hasta la gestión de residuos y energía. En la industria manufacturera, por ejemplo, se han desarrollado modelos de negocio basados en la servitización, donde los productos son ofrecidos como servicios en lugar de bienes, responsabilizando al fabricante por su mantenimiento, reparación y actualización para prolongar su vida útil y reducir la generación de residuos (Aurich et al., 2006). En el sector de la alimentación, se han implementado prácticas circulares como el compostaje de residuos orgánicos, la valorización de subproductos y la adopción de sistemas de producción agroecológicos que minimizan el uso de agroquímicos y maximizan la eficiencia en el uso de recursos naturales (Cerantola N & Ortiz M, 2017).

Este enfoque circular no solo es esencial para la protección del medio ambiente, sino también para la educación ambiental, ya que proporciona un marco práctico y tangible que puede ser integrado en los currículos escolares para enseñar a los estudiantes sobre sostenibilidad, innovación y responsabilidad ambiental, fomentando así una generación consciente y preparada para enfrentar los desafíos ambientales futuros.

A medida que se avanza hacia una economía más circular y sostenible, es crucial entender no solo los procesos económicos y de producción, sino también las propiedades fundamentales de los materiales utilizados cotidianamente. Los plásticos, por su omnipresencia e impacto en el medio ambiente, requieren una atención especial.

2.3. Plásticos: Características y Propiedades

Tras explorar cómo la economía circular propone innovadoras formas de reducir el impacto ambiental mediante el reciclaje y la reutilización, resulta esencial entender las propiedades de los materiales fundamentales para este proceso. Los plásticos, debido a su versatilidad y prevalencia, desempeñan un papel crucial en la transición hacia prácticas más sostenibles. Conocer a fondo las características y propiedades de los plásticos es vital para diseñar estrategias efectivas que integren estos materiales dentro de ciclos productivos que minimicen su impacto ambiental y maximicen su valor económico.

Los plásticos son materiales orgánicos compuestos principalmente por polímeros, grandes moléculas formadas a partir de unidades estructurales repetitivas conocidas como monómeros. El término 'plástico' deriva de la palabra griega 'plastikos', que significa 'capaz de ser moldeado o conformado'. Estos materiales se fabrican a través de diversas reacciones químicas que enlazan los monómeros para crear polímeros, dando lugar a una variedad de materiales con amplias propiedades y aplicaciones (Brydson, 1999).

Los polímeros, compuestos principalmente de elementos como carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, azufre, silicio y fósforo, son a menudo producidos a partir de derivados del petróleo, lo que subraya su conexión con los recursos fósiles (Reyes Arzola, 2022).

De acuerdo con Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2018) señala que la mayoría de los plásticos utilizados hoy en día son de origen virgen, producidos a partir de petróleo crudo o gas natural. Este origen fósil y el alto consumo energético requerido para su refinación hacen que la producción de plásticos sea una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero durante su etapa de manufactura.

Los plásticos se clasifican según su estructura y comportamiento frente a la temperatura en termoplásticos, termofijos y elastómeros. Los termoplásticos, que consisten en cadenas lineales o ramificadas, tienen la propiedad de fundirse cuando se exponen al calor y pueden ser remodelados, lo que facilita su reciclaje a través de procesos físicos simples como el calentamiento y moldeo (Vazquez et al., 2016). Esta característica es crucial para promover prácticas de economía circular, ya que permite que los materiales plásticos sean recuperados y reutilizados, minimizando así la necesidad de extraer y procesar materias primas vírgenes, reduciendo el impacto ambiental y fomentando una gestión de residuos más sostenible.

Gran parte de los termoplásticos son reciclables. Sin embargo, el proceso se complica cuando diferentes tipos de resinas plásticas se mezclan, ya que no son miscibles (no se mezclan al calentarse) y requieren condiciones de procesamiento distintas para cada tipo, lo que complica su reciclaje (Barlow & Morgan, 2013). Según Howell (1992) señala que los plásticos se pueden separar en dos grupos *Commodities* y plásticos de ingeniería los plásticos pueden clasificarse en dos grupos: *Commodities* y plásticos de ingeniería. Los plásticos *Commodities* son de bajo costo, producidos en grandes volúmenes y diseñados para un ciclo de vida corto, incluyendo materiales como polietilenos (PE), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS), y polietileno tereftalato (PET). Para facilitar la identificación y separación de estos plásticos, en 1988 la Sociedad de la Industria de los Plásticos (SPI) introdujo un sistema de codificación asignando a cada material un número de identificación basado en su volumen de reciclaje de aquel tiempo (Vazquez et al., 2016).

La clasificación de residuos plásticos debe realizarse lo más temprano posible para maximizar la recuperación de materiales reciclables y minimizar la contaminación por otros desechos (Baras et al., 2020) . Según Jeon et al., (2020), destacan que la automatización del reciclaje es crucial para manejar grandes volúmenes de residuos de manera rápida y eficaz.

Dada la clasificación de los plásticos en termoplásticos, termofijos y elastómeros, se destaca que los termoplásticos son particularmente aptos para el reciclaje debido a su capacidad para fundirse y

reconfigurarse. Los plásticos de uso común, que constituyen la mayoría de los plásticos producidos, se benefician de un sistema de codificación que facilita su separación y reciclaje efectivo. La implementación de una clasificación temprana y la automatización de los procesos de reciclaje son pasos fundamentales para mejorar la eficiencia del reciclaje y aumentar la cantidad de material que puede ser reutilizado. Sin embargo, una cantidad significativa de plástico nunca llega a ser reciclada y termina contribuyendo a la contaminación ambiental. Esto conduce a una exploración profunda de las consecuencias de la contaminación por plásticos y sus efectos en el medio ambiente.

La preocupación por los plásticos no reciclados y desechados se amplifica al considerar sus impactos persistentes en los ecosistemas naturales y la salud humana. Los residuos plásticos que se acumulan en el medio ambiente pueden tardar cientos de años en degradarse, liberando microplásticos y químicos tóxicos que afectan la biodiversidad y los procesos naturales. El siguiente segmento se centra en los efectos ambientales de la contaminación por plásticos, subrayando la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles y efectivas en la gestión de estos materiales.

2.3.1. Contaminación por Plásticos y Efectos en el Medio Ambiente

Este segmento examina la contaminación por plásticos y sus graves consecuencias ambientales. Los plásticos, debido a su durabilidad y volumen de producción, se han convertido en una de las mayores amenazas para los ecosistemas naturales. Este análisis detallará cómo los residuos plásticos afectan la vida silvestre, los hábitats y la salud humana, además de explorar las implicaciones de su persistencia en el medio ambiente.

La contaminación por plástico se deriva de la recolección y eliminación inadecuadas de residuos plásticos de mayor tamaño, conocidos como macroplásticos, aunque también preocupan en gran medida las filtraciones de microplásticos (polímeros sintéticos de menos de 5 mm de diámetro) provenientes, por ejemplo, de gránulos de plástico industriales, tejidos sintéticos, señalizaciones viales y el desgaste de los neumáticos (OECD, 2018). Este problema se magnifica al considerar que la inadecuada gestión de estos materiales no solo impacta negativamente los ecosistemas naturales y la biodiversidad sino que también plantea serios desafíos para la salud humana y la sostenibilidad del medio ambiente.

Explorar la contaminación por plásticos y sus efectos es crucial para comprender la escala del impacto ambiental que generan estos materiales y para justificar la importancia de implementar y mejorar las prácticas de gestión y educación sobre el reciclaje y la reutilización, aspectos fundamentales en la lucha contra la crisis ambiental global.

De acuerdo con la organización Plastics Europe, existen aproximadamente 30,000 polímeros registrados para uso en la Unión Europea, pero el 81% de la demanda se concentra en poliestireno (PS), poli(tereftalato de etileno) (PET), poliuretano (PUR), poli(cloruro de vinilo) (PVC), polietileno (PE) y polipropileno (PP). Estos polímeros han sido diseñados para satisfacer diversas necesidades en productos finales, encontrando aplicaciones en sectores como materiales de embalaje (39.9 %), construcción (17.7%), automoción (10%), electrónica (6.2%), electrodomésticos y equipo deportivo (4.2%), y materiales agrícolas (3.3%), entre otros incluyendo muebles y suministros médicos.

La presencia y composición de los desechos plásticos en los entornos naturales varían significativamente debido a la amplia diversidad de materiales poliméricos utilizados. Esta variabilidad se refleja en las diferencias en composición química, densidad, tamaño y forma de los desechos plásticos (L. Li et al., 2018).

Comprender las fuentes, la abundancia y la composición de los microplásticos en el medio ambiente representa un desafío, considerando la vasta cantidad de plástico que se produce y se libera anualmente (Horton et al., 2017). La contaminación plástica es un problema ambiental complejo y persistente, que se deriva tanto de la recolección y eliminación inadecuadas de los macroplásticos, como de las filtraciones de microplásticos de diversas fuentes.

La contaminación por plásticos se ha convertido en una preocupación global debido a su impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana. La durabilidad de los plásticos y su resistencia a la degradación han provocado su acumulación en océanos, ríos, suelos y diversos ecosistemas, con graves consecuencias ecológicas. Por ello, es esencial comprender los efectos de la contaminación por plásticos para desarrollar estrategias efectivas de gestión y mitigación que aborden este desafío global de manera integral.

En el siguiente apartado se explorará cómo las recientes innovaciones en tecnología de reciclaje están mejorando el procesamiento de plásticos reciclables y aumentando la capacidad de reutilizar materiales previamente desechados. Estos avances no solo ayudan a reducir la acumulación de plásticos en ambientes naturales, sino que también promueven un manejo de recursos más sostenible y alineado con principios de sostenibilidad ambiental.

2.3.2. Tecnologías de Reciclaje de Plástico

En la transición hacia una economía circular, el reciclaje de plástico desempeña un papel fundamental al reutilizar y reciclar materiales en lugar de desecharlos, reduciendo así la producción de nuevos plásticos y la contaminación en los ecosistemas. Sin embargo, lograr un reciclaje efectivo requiere la correcta identificación y clasificación de los diferentes tipos de plástico, dado que cada uno demanda métodos de reciclaje específicos debido a sus propiedades y características únicas. En este contexto, la adopción de tecnologías innovadoras se ha vuelto indispensable para optimizar este proceso y maximizar la eficiencia del reciclaje, facilitando la integración de prácticas sostenibles en la gestión de residuos plásticos.

El reciclaje de plástico (Tang et al., 2020) es crucial en la transición hacia una economía circular, donde se prioriza la reutilización y el reciclaje de materiales en lugar de su desecho. Esta práctica reduce significativamente la producción de plásticos vírgenes y minimiza la contaminación en ecosistemas acuáticos y terrestres. El reciclaje de polietileno, en particular, disminuye la extracción de recursos naturales y la generación de residuos plásticos.

Identificar correctamente los diferentes tipos de plásticos es vital porque cada uno requiere un proceso de reciclaje específico debido a sus propiedades únicas (Hu, 2022) La mezcla de plásticos sin una identificación adecuada puede complicar o incluso impedir su reciclaje efectivo. Hu (2022) propone un innovador sistema de clasificación de colores para botellas de plástico basado en tecnología computarizada, que utiliza un algoritmo de clustering de K-means mejorado para clasificar eficazmente los colores de las botellas, reduciendo los costos asociados y mejorando la eficiencia del proceso de reciclaje.

Por otro lado Tan et al., (2021) propone un método para identificar botellas de plástico PET usando cámaras de polarización. Este sistema, que emplea un método SVM para aprender patrones de identificación, ha demostrado ser efectivo con una precisión de reconocimiento de PET del 92.06%,

mostrando su potencial para ser implementado en líneas de producción de reciclaje con mínima influencia de la luz ambiental. Este enfoque no solo facilita la clasificación precisa de plásticos, sino que también contribuye a la optimización global del reciclaje, abordando directamente los desafíos ambientales asociados con los desechos plásticos.

El proyecto de Pariona et al., (2022) ilustra una aplicación innovadora de la tecnología de reciclaje al utilizar botellas de plástico PET recicladas para fabricar filamento para impresoras 3D. Este proceso emplea un sistema de clasificación automático basado en sensores para la extrusión del filamento, con el objetivo de reducir la cantidad de residuos plásticos que terminan en vertederos y en el medio ambiente, contribuyendo así a la protección ambiental.

Las tecnologías de reciclaje de plástico han demostrado ser fundamentales en la transición hacia una economía circular, aliviando significativamente la carga sobre los ecosistemas mediante la reducción de la producción de nuevos plásticos y la minimización de la contaminación ambiental. La implementación de proyectos innovadores no solo ha revolucionado la identificación y el reciclaje de distintos tipos de plásticos, sino que también ha resaltado la importancia crítica de una clasificación adecuada para garantizar un reciclaje eficaz. Dado que cada tipo de plástico demanda métodos específicos de reciclaje, la precisión en la clasificación y el procesamiento de estos materiales se vuelve esencial.

El avance hacia soluciones de reciclaje más efectivas y sostenibles requiere no solo mejoras tecnológicas, sino también un enfoque integrado que incluya el desarrollo de interfaces de usuario intuitivas y accesibles. Este enlace natural entre la funcionalidad tecnológica y la usabilidad lleva a una consideración más profunda de cómo las personas interactúan con estas tecnologías, un tema que será explorado en la Interacción Humano-Computadora.

2.4. Interacción Humano-Computadora

La Interacción Humano-Computadora (IHC) es un campo vital que optimiza cómo las personas interactúan con las tecnologías, combinando psicología, informática y diseño para mejorar la accesibilidad y eficiencia de los sistemas digitales. A medida que la tecnología avanza, IHC es crucial para desarrollar interfaces que sean intuitivas y adaptativas a las necesidades y capacidades de los usuarios. Aquí se explorará cómo la IHC influye en la creación de productos tecnológicos y en la mejora de la experiencia del usuario, subrayando su rol en la integración efectiva de la tecnología en la vida diaria.

Según Dix et al., (2004), la Interacción Humano-Computadora (IHC) es un campo multidisciplinario dedicado al diseño, evaluación y estudio de cómo las personas utilizan los sistemas informáticos. Conocido también por sus siglas en inglés, HCI, este campo busca optimizar la comunicación y la interacción entre seres humanos y las tecnologías de la información, incluyendo computadoras, dispositivos móviles, interfaces gráficas y realidad virtual.

Shneiderman y Plaisant (2009) enfatizan la importancia de comprender cómo los individuos interactúan con la tecnología para diseñar interfaces que sean intuitivas, eficientes y gratificantes para los usuarios. Aspectos como la usabilidad, accesibilidad, interacción natural y la experiencia del usuario son cruciales en el diseño de interfaces, con un enfoque especial en la integración de los usuarios finales en todas las etapas del proceso de diseño para asegurar que las interfaces cumplan con sus necesidades, capacidades y preferencias.

Este campo se considera interdisciplinario ya que amalgama conocimientos de la psicología, ergonomía, informática, ingeniería, entre otras disciplinas relacionadas. Liu, (2020) subraya la importancia de diseñar interfaces que tomen en cuenta los factores psicológicos y emocionales que impactan la experiencia del usuario, identificando las necesidades y expectativas de estos últimos. Hoy en día, se observa un creciente interés en interfaces que aborden los aspectos emocionales y psicológicos de la interacción humano-computadora.

En el mismo sentido, Wang y Fang (2022) destacan las ventajas de desarrollar sistemas desde la perspectiva de la HCI, resaltando que la mejora de la usabilidad conduce a sistemas más intuitivos y fáciles de usar, lo cual enriquece la experiencia del usuario y eleva la eficiencia tecnológica. Además, se observa un incremento en la productividad al reducir el tiempo necesario para completar tareas, lo que

repercute positivamente en el desempeño de los usuarios. Un diseño centrado en el usuario también contribuye a minimizar los errores durante la interacción con el sistema, mejorando la precisión y la confiabilidad de las acciones realizadas.

Otro aspecto importante es el incremento de la accesibilidad que se logra mediante este enfoque, permitiendo que los sistemas sean utilizados por todos los usuarios, incluyendo aquellos con discapacidades, lo cual promueve la equidad y la participación plena. La mejora continua en la experiencia de usuario, fruto de una interacción humano-computadora bien diseñada, contribuye a una mayor aceptación y adopción del sistema. Al disfrutar de una experiencia satisfactoria, los usuarios están más inclinados a utilizar y aceptar la tecnología, subrayando la importancia de diseñar con un enfoque centrado en el usuario.

En el contexto ambiental, esta disciplina ha encontrado aplicaciones significativas que contribuyen a la conservación de los recursos naturales, la gestión de residuos y la eficiencia energética. A través de herramientas y tecnologías innovadoras, se busca fomentar la participación activa de las personas en la protección del medio ambiente. Estas soluciones, al permitir a los usuarios interactuar con la tecnología de manera intuitiva y eficiente, no solo facilitan la adopción de prácticas sostenibles, sino que también mejoran la experiencia general del usuario. Este enfoque asegura que las interacciones con la tecnología sean a la vez funcionales y gratificantes, preparando el terreno para una discusión más profunda sobre la experiencia de usuario.

2.4.1. Experiencia de Usuario

La experiencia de usuario (UX) juega un papel esencial en la interacción tecnológica, abarcando todos los aspectos de la relación del usuario con sistemas, productos y servicios. Este apartado detalla cómo la UX influye en la percepción y comportamiento de los usuarios, elementos cruciales para el diseño efectivo de interfaces. Según Donald Norman (2002), la UX comprende toda interacción de una persona con una empresa y sus productos, afectando tanto aspectos prácticos como estéticos y emocionales de esta relación.

Jakob Nielsen destaca la usabilidad como fundamental para una buena UX, proponiendo que los sistemas deben ser intuitivos, eficientes y gratificantes para lograr satisfacción en los usuarios. De acuerdo con Steve Krug (2014) enfatiza la importancia de la simplicidad y la facilidad de uso en el

diseño de interfaces. Krug aboga por eliminar cualquier necesidad de esfuerzo cognitivo excesivo de parte de los usuarios, diseñando interfaces claras y auto explicativas que eviten confusiones y complejidades innecesarias, lo que facilita una interacción fluida y satisfactoria.

Este enfoque hacia la UX no solo mejora la interacción individual con la tecnología sino que también propicia una adopción tecnológica más amplia, al asegurar que los sistemas no solo cumplan con las necesidades funcionales sino que también resuenen bien con las experiencias y expectativas de los usuarios. Este análisis de la UX subraya su importancia estratégica en el diseño de sistemas que no solo son tecnológicamente avanzados sino también profundamente humanos y accesibles. Particularmente, esta accesibilidad y adaptabilidad son cruciales cuando se consideran grupos de usuarios con necesidades específicas, como los niños, quienes requieren interfaces y experiencias diseñadas específicamente para sus etapas de desarrollo y capacidades cognitivas.

2.4.1.1. Diseño para niños

El diseño para niños, según Levin Gelman (2014) abarca más que la adaptación de interfaces visualmente atractivas. Implica un profundo entendimiento de las etapas de desarrollo cognitivo infantil y su influencia en la interacción con la tecnología. Se destaca que diseñar para niños no es simplemente una cuestión de adaptar experiencias para adultos. Los niños son usuarios únicos con necesidades y capacidades en constante cambio a medida que crecen. Desde los primeros años hasta la preadolescencia, cada grupo de edad presenta desafíos y oportunidades únicas que los diseñadores deben abordar. Por ejemplo, mientras que los niños pequeños requieren interfaces que apoyen la exploración táctil y visual, los niños mayores pueden manejar desafíos más complejos y sistemas de recompensa estructurados.

En este contexto, Gelman presenta conceptos esenciales para crear productos digitales efectivos para niños. Uno de estos conceptos es la necesidad de equilibrar el juego y el aprendizaje en las experiencias digitales. El juego no solo es una forma natural de aprendizaje, sino que también es crucial para el desarrollo emocional y cognitivo. Los diseñadores deben crear experiencias que no solo eduquen, sino que también deleiten y enganchen a los niños en múltiples niveles.

La incorporación de estos principios en el diseño de productos digitales asegura que las soluciones sean apropiadas para la edad y apoyen el desarrollo integral del niño. Al comprender y aplicar patrones

de diseño específicos para las diversas etapas de la infancia, los diseñadores pueden crear productos que no solo son utilizables, sino que también contribuyen al crecimiento y aprendizaje del niño.

Este enfoque de diseño que integra el juego y el aprendizaje resalta cómo las actividades lúdicas pueden ser vehículos efectivos para la educación, proporcionando conocimiento y fomentando habilidades críticas de pensamiento y resolución de problemas. Además, se enfatiza que diseñar para niños requiere una consideración meticulosa de cómo perciben e interactúan con la tecnología. Los productos exitosos son aquellos que equilibran funcionalidad y diversión, manteniendo el compromiso de los usuarios jóvenes y jugando un papel crítico en su desarrollo personal y educativo. Las implicaciones de estos principios son vastas y pueden informar la creación de herramientas educativas que aprovechen el potencial de la tecnología para impactar positivamente en el aprendizaje y crecimiento de los niños.

2.5. Educación Básica para Niños

Al enfocarse en mejorar la experiencia de usuario, especialmente para los niños, se establece un enlace directo con la educación básica. Este enfoque permite desarrollar entornos educativos que no solo captan la atención y el interés de los jóvenes aprendices, sino que también los equipan con habilidades y conocimientos fundamentales que les serán útiles a lo largo de toda su vida académica y más allá.

La UNESCO (2020) define a la Educación Básica como la etapa inicial y fundamental de la educación que tiene como objetivo proporcionar a los niños una base sólida en conocimientos, habilidades y valores de aprendizaje a lo largo de la vida. Por otro lado, INEE que es la Red Interagencial para la Educación en Situaciones de Emergencia se refiere a las actividades públicas y privadas, formales y no formales destinadas a satisfacer las necesidades básicas del aprendizaje de personas de todas las edades.

Incluye instrucción en el primer nivel o nivel básico en el que se puede basar el aprendizaje posterior, que abarca la educación de la infancia temprana y primaria (o elemental) para la niñez, así como la educación en alfabetización, conocimiento general y habilidades para la vida de jóvenes y adultos. En México de acuerdo con el Sistema Educación Nacional se establecen 3 niveles: Preescolar, Primaria y Secundaria. En sus tres grados, en la educación preescolar se atiende a niños de tres a cinco años.¹ El nivel primario tiene seis grados. De acuerdo con los datos oficiales incorpora a niños de seis a 12 años.

La conclusión de este nivel se acredita mediante un certificado oficial que constituye un requisito indispensable para ingresar a la secundaria.

De acuerdo con El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia en México, más 4 millones de niños, niñas y adolescentes no asisten a la escuela¹, mientras que 600 mil más están en riesgo de dejarla por diversos factores como la falta de recursos, la lejanía de las escuelas y la violencia. Además, los niños y niñas que sí van a la escuela tienen un aprovechamiento bajo de los contenidos impartidos en la educación básica obligatoria, esto concuerda con el estudio presentado por la OCDE en la prueba PISA (Programme for International Student Assessment) donde México se posiciona en el lugar número 88 de 89 países evaluados (Vega, 2022).

En México de acuerdo con la Secretaría de Educación Pública, la SEP , durante los primeros 3 años de educación primaria se impartirán materias de Matemáticas, Español, Conocimiento del Medio, Lecturas, Formación Cívica y Ética, que, de acuerdo con la Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuito proporciona el material necesario para abordar las materias mencionadas y permitirá a los profesores abordar el temario bajo las metodologías : MIA (Metodología Independiente de Aprendizaje) ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos) y Relación Tutora, que se basa en una relación uno a uno dependiendo de las necesidades del tutorado.

Dentro del material pedagógico proporcionado por el gobierno a las escuelas públicas de México la educación ambiental solo se ve abordado por los libros de “Conocimiento del Medio” que son dirigidos a primero y segundo grado de primaria. A partir del tercer grado, estos temas se ven reflejados en libro de “Ciencias Naturales”

La educación básica no solo se centra en proporcionar conocimientos fundamentales, sino también en cultivar una comprensión y respeto por el medio ambiente desde una edad temprana. Al integrar la educación ambiental en el currículo básico, se prepara a los niños para enfrentar y valorar los desafíos ecológicos actuales y futuros. Este compromiso con la sostenibilidad desde los primeros años escolares es crucial para fomentar una nueva generación consciente del impacto de sus acciones en el mundo natural. A continuación, se describen algunos proyectos que destacan cómo la educación ambiental puede incorporarse efectivamente en diversos niveles educativos, promoviendo así la conciencia ecológica entre los estudiantes.

La educación ambiental es esencial para fomentar la conciencia y el compromiso de los ciudadanos hacia la protección y conservación del medio ambiente. Este segmento abordará diversos proyectos que promueven la educación ambiental en distintos niveles educativos. De acuerdo con el estudio de Aksan et al., (2019) realizado en Turquía, se evaluó el nivel de conciencia sobre el reciclaje entre los estudiantes. La investigación empleó una escala de conciencia que incluía factores económicos, administrativos, legales, de susceptibilidad, mediáticos y de protección de recursos.

Los resultados mostraron que los estudiantes poseían un alto nivel de conciencia sobre los beneficios del reciclaje. No obstante, se detectaron concepciones erróneas respecto a la calidad y el costo de los productos reciclados, resaltando la necesidad de diseñar proyectos y actividades educativas que promuevan la producción y el consumo de productos ecológicos. Se subraya la importancia de los maestros en la educación ambiental y se reconoce el papel vital de los medios de comunicación para alcanzar a las masas y elevar la conciencia social. Por otro lado, Wang et al., (2017) analizan la relación entre la actitud verde y el comportamiento proambiental de los consumidores desde una perspectiva neurológica.

Aunque se ha observado que la actitud verde no influye directamente en las decisiones de compra, sí afecta los procesos cognitivos iniciales en el cerebro. Se ha demostrado que la actitud verde potencia la identificación de elementos proambientales durante las decisiones de compra y existe una correlación positiva entre el nivel de activación cerebral y la actitud verde hacia el medio ambiente.

En este orden Aksan & Çelikler, (Aksan & Çelikler, 2017) desarrollaron una escala para medir las actitudes hacia el reciclaje y examinar los factores que las influyen. Los resultados identificaron cuatro factores principales: ambiental, educativo, económico y administrativo. La investigación también reveló que la educación ambiental es crucial para desarrollar la conciencia ambiental y la responsabilidad desde la educación primaria. Además, subraya la necesidad de que los futuros educadores de ciencias posean una sólida conciencia ambiental, para así educar eficazmente a las nuevas generaciones sobre la importancia del reciclaje y la gestión sostenible de recursos. En este estudio, se desarrolló una escala de conciencia sobre el reciclaje dirigida a futuros profesores de ciencias. La validez de esta escala fue verificada mediante análisis factorial exploratorio y confirmatorio, mientras que su confiabilidad se comprobó a través del coeficiente alfa de Cronbach, los coeficientes de correlación entre factores y las correlaciones de prueba-reprueba. La alta confiabilidad y validez

obtenidas indican que esta escala puede emplearse en futuras investigaciones para medir las actitudes hacia el reciclaje.

Este hallazgo subraya la importancia de integrar proyectos educativos que no solo fomenten prácticas sostenibles, sino que también utilicen recursos multimedia para mejorar la experiencia de aprendizaje. Implementando estas estrategias, la educación ambiental no solo puede modificar significativamente el comportamiento proambiental de los consumidores, sino también cultivar desde una edad temprana una conciencia y responsabilidad ambiental que se refleja en la acción y el compromiso. Este enfoque se explora más a fondo en diversos proyectos que promueven la educación ambiental a distintos niveles educativos, como se detalla a continuación.

2.5.1. Importancia de la Educación Ambiental en la Formación de Ciudadanos

La educación ambiental es crucial no solo para aumentar la conciencia ecológica, sino también para incitar al compromiso activo de los ciudadanos hacia la protección y conservación del medio ambiente. Este segmento profundizará en una diversidad de iniciativas educativas que destacan la implementación de la educación ambiental en varios niveles académicos. Se explorarán proyectos innovadores que han sido diseñados para inculcar un entendimiento profundo y una apreciación por el medio ambiente entre estudiantes de diversas edades, demostrando cómo las estrategias pedagógicas adaptadas pueden fomentar una responsabilidad ambiental duradera y efectiva. Estos esfuerzos reflejan un compromiso global con el desarrollo sostenible y subrayan la importancia de integrar consideraciones ambientales en el currículo educativo para cultivar una generación que sea consciente del impacto de sus acciones en el mundo natural.

El estudio realizado por Aksan et al., 2019 en en Turquía, evaluó la conciencia sobre el reciclaje entre estudiantes mediante una escala multidimensional que consideró aspectos económicos, administrativos, legales, de susceptibilidad, mediáticos y de protección de recursos. Los resultados indicaron un alto grado de conciencia sobre los beneficios del reciclaje, aunque también revelaron concepciones erróneas sobre la calidad y costos de los productos reciclados. Este hallazgo resalta la importancia de implementar proyectos educativos que no solo promuevan prácticas sostenibles, sino que también integren de manera efectiva la educación ambiental dentro del curriculum, subrayando el rol crítico de los maestros en este proceso. La inclusión de los medios de comunicación como

herramientas para amplificar el mensaje ambiental resalta su valor en la construcción de una sociedad más consciente y responsable. Además, la investigación de Wang et al., en 2017, complementa esta visión al explorar cómo la actitud verde influye neurológicamente en las decisiones de consumo, demostrando que una disposición proambiental afecta significativamente la percepción y elecciones del consumidor, lo que subraya la necesidad de fomentar estas actitudes desde la educación primaria para cultivar comportamientos sostenibles a largo plazo.

En su investigación Aksan & Çelikler, (2017) desarrollaron una escala para medir las actitudes hacia el reciclaje, identificando factores ambientales, educativos, económicos y administrativos que influyen en estas percepciones. Este estudio destacó la importancia crítica de la educación ambiental desde la educación primaria, no solo para incrementar la conciencia ambiental sino también para equipar a los futuros educadores de ciencias con las habilidades necesarias para fomentar prácticas sostenibles entre las nuevas generaciones. La validez y confiabilidad de la escala fueron rigurosamente validadas a través de análisis factorial y el coeficiente alfa de Cronbach, demostrando su utilidad para futuras investigaciones. Esta investigación subraya cómo la integración efectiva de la educación ambiental puede catalizar un cambio significativo en el comportamiento proambiental desde una temprana edad, instando a la adopción de prácticas de consumo sostenible y la gestión responsable de los recursos naturales.

La educación ambiental es esencial en la formación de ciudadanos responsables, proporcionando las herramientas necesarias para comprender y abordar los desafíos ambientales contemporáneos. Esta educación fomenta una ética de cuidado y responsabilidad, preparando a los individuos para tomar decisiones informadas y sostenibles. A medida que se avanza, es crucial incorporar métodos que enriquezcan esta enseñanza y aumenten su efectividad, aprovechando tecnologías y estrategias que intensifiquen la participación y el compromiso estudiantil. En este contexto, las metodologías educativas y las herramientas empleadas deben evolucionar para mantenerse alineadas con las necesidades ambientales y educativas contemporáneas, asegurando que cada nueva generación esté mejor equipada para proteger y valorar el mundo.

2.5.1.1. Multimedia en la Educación

La educación ambiental es fundamental para fomentar la conciencia y el conocimiento sobre los problemas ambientales, y la multimedia emerge como una herramienta poderosa en este campo. Al integrar textos, imágenes, audio y video, la multimedia no solo captura la atención de los estudiantes sino que facilita la comprensión y retención de conceptos complejos, mejorando significativamente la enseñanza y el aprendizaje en la conservación y sostenibilidad del medio ambiente.

La integración de la multimedia en la educación ambiental, según Smith y McMillan (2016), proporciona beneficios significativos. El uso de imágenes, videos, animaciones y sonidos no solo facilita la comprensión y retención de conceptos ambientales complejos, sino que también mejora la habilidad de los estudiantes para visualizar y asimilar problemas críticos como la pérdida de biodiversidad o el cambio climático. Esta estrategia enriquece la enseñanza y permite abordar los contenidos de manera más efectiva.

Además, la multimedia permite una personalización de la educación ambiental adaptada a las necesidades individuales de los estudiantes. La multimedia ofrece oportunidades para personalizar el aprendizaje según las necesidades individuales de cada estudiante. Hakeem y Sarrab (2018), destacan que los recursos multimedia interactivos posibilitan que los estudiantes exploren y aprendan a su propio ritmo, fomentando un enfoque autodirigido y participativo en la adquisición de conocimientos ambientales. Esta flexibilidad es clave para adaptar la educación a diversos estilos de aprendizaje y ritmos de progreso individual.

La conexión emocional es otro aspecto fundamental en la educación ambiental, donde la multimedia juega un papel esencial. Chen y Chang (2017), observaron que la exposición a imágenes impactantes y testimonios mediante recursos multimedia intensifica la empatía de los estudiantes hacia los problemas ambientales, incentivándolos a comprometerse activamente en la protección del medio ambiente. Estas experiencias multimediales no solo educan sino que también motivan a los estudiantes a adoptar comportamientos proambientales mediante una conexión emocional profunda y efectiva.

La integración de herramientas multimediales en la educación ambiental representa una oportunidad inestimable para enriquecer la enseñanza y el aprendizaje en este campo vital. Utilizando el poder de la multimedia, los educadores pueden diseñar experiencias de aprendizaje que no sólo informen, sino que también inspiren a los estudiantes a comprometerse activamente con la conservación y

sostenibilidad ambiental. Este enfoque está respaldado por investigaciones de Smith & McMillan (2016), Hakeem & Sarrab (2018), y Chen & Chang (2017), quienes destacan cómo la multimedia puede transformar la educación ambiental haciéndola más dinámica y accesible

Además, la implementación de recursos multimedia en la educación permite presentar información de manera atractiva y comprensible. Según Xiao (2022), la multimedia es inherentemente interactiva, permitiendo que los estudiantes participen activamente en su aprendizaje y reciban retroalimentación inmediata. Esta interactividad no solo aumenta el compromiso de los estudiantes, sino que también facilita un aprendizaje más profundo y duradero, esencial para fomentar una comprensión integral de temas complejos como los ambientales.

Además, Xiao (2022) menciona que uno de los beneficios significativos de la utilización de multimedia en la educación es su capacidad para personalizar el aprendizaje. Al adaptar el contenido a las necesidades individuales de los estudiantes, se les brinda la oportunidad de trabajar a su propio ritmo y conforme a su nivel de habilidad. Esta personalización promueve un entorno educativo más inclusivo y flexible, donde cada estudiante puede avanzar de acuerdo con sus propias capacidades y preferencias.

También Y. Li, (2021) destaca las ventajas de los nuevos métodos de enseñanza basados en tecnologías multimedia, que incluyen mejoras en la eficiencia y efectividad de la enseñanza. Estos métodos permiten la educación a distancia y la enseñanza en línea, superando las limitaciones de tiempo y espacio. Además, se resalta la capacidad de integrar tecnologías de vanguardia en la enseñanza, lo que amplía significativamente las posibilidades pedagógicas y facilita el acceso a recursos educativos avanzados.

Para Gao & Mu (2021), la relevancia de la enseñanza multimedia en la educación radica en su capacidad para generar interés y aumentar la motivación de los estudiantes. La diversidad de medios utilizados—como texto, imágenes, animación, video y sonido—enriquece la experiencia de aprendizaje, mejora la memoria y la comprensión de los conceptos. Valbuena & Rocha, (2020) proponen, además, un modelo de integración de sistemas multimedia en juegos de realidad alternativa para mejorar la experiencia del usuario y enriquecer la narrativa del juego. Este modelo integra varios formatos multimedia y elementos interactivos, destacando el papel esencial de estos recursos en el desarrollo de juegos que capturan la atención del usuario y fomentan una interacción más profunda.

Zhu et al., (2020) exploran cómo la interacción entre multimedia e inteligencia artificial (IA) puede mejorar significativamente la capacidad de análisis y procesamiento de contenido multimedia. La inteligencia artificial simula la capacidad humana de adaptarse a datos, tareas y entornos variados, un proceso conocido como adaptación de tarea/entorno. Esta adaptabilidad de la IA permite abordar de manera más efectiva los desafíos asociados con el procesamiento y la comprensión de información multimedia compleja, potenciando así la capacidad de análisis y proporcionando ventajas significativas en la interpretación de datos complejos.

En el estudio hecho por Kurniawan et al., (2022) destacan que YouTube ha sido una herramienta esencial en el aprendizaje durante la pandemia de COVID-19, facilitando el acceso a contenidos educativos de forma intuitiva y permitiendo su integración en redes sociales. Esta plataforma apoya diversos estilos de aprendizaje mediante recursos audiovisuales que captan la atención de la generación digital y mejoran la retención de información. YouTube también se revela como un recurso eficaz para materias diversificadas como la religión y la historia, promoviendo métodos de enseñanza innovadores y facilitando la participación activa de los estudiantes en proyectos de investigación.

Hwa & Mukti, (2004) introducen el método CITRA, un paquete multimedia interactivo destinado a la educación moral de estudiantes de primaria mediante el uso de narrativas orales tradicionales malayas. Este enfoque se apoya en módulos específicos que fomentan la narración, la lectura interactiva y el enriquecimiento del vocabulario, contribuyendo a la formación moral de los alumnos mediante estrategias pedagógicas que promueven la reconstrucción activa de estructuras de pensamiento y la adopción de valores morales positivos.

Los resultados comparativos entre el método convencional y el método multimedia (CITRA) para la enseñanza moral se detallan en la Tabla 1 y la Figura 2. Estos datos revelan que el grupo empleando el método multimedia alcanzó una media significativamente mayor (37.9195 ± 0.6319) en comparación con el grupo que utilizó el método convencional (30.2636 ± 0.6732). El análisis estadístico muestra un valor de t de 8.263 y un valor de p menor que 0.01, confirmando que el método multimedia es considerablemente más eficaz para fomentar el aprendizaje moral entre los estudiantes.

Tabla 1 Resultados Comparativos entre Método Convencional y Método Citra

Fuente: Elaboración propia

| | Mean +- S.E. | t | p |
|--------------|-----------------|-------|-------|
| Multimedia | 37.9195+-0.6319 | 8.263 | 0.000 |
| Convencional | 30.2636+-0.6732 | | |

t>t0.01; N=85; df =83** pp<0.01

En la Figura 2, se analiza el porcentaje de niños en cada grupo que evaluaron la eficacia del método de enseñanza de valores morales, categorizado como 'no efectivo', 'promedio', 'efectivo' y 'muy efectivo'. Los datos revelan que el grupo que empleó el método multimedia reportó un porcentaje significativamente superior en las categorías 'efectivo' y 'muy efectivo' en comparación con el grupo que utilizó el método convencional, el cual predominó en la categoría 'promedio'. Notablemente, la metodología multimedia no recibió ninguna evaluación en la categoría 'no efectivo', a diferencia de un pequeño porcentaje en el grupo convencional, subrayando la efectividad del enfoque multimedia en la educación moral de los niños. Este resultado enfatiza la necesidad de incorporar métodos de enseñanza interactivos y visuales para mejorar la comprensión y retención de valores morales, alineándose con los objetivos de promover prácticas pedagógicas innovadoras y efectivas en la educación contemporánea.

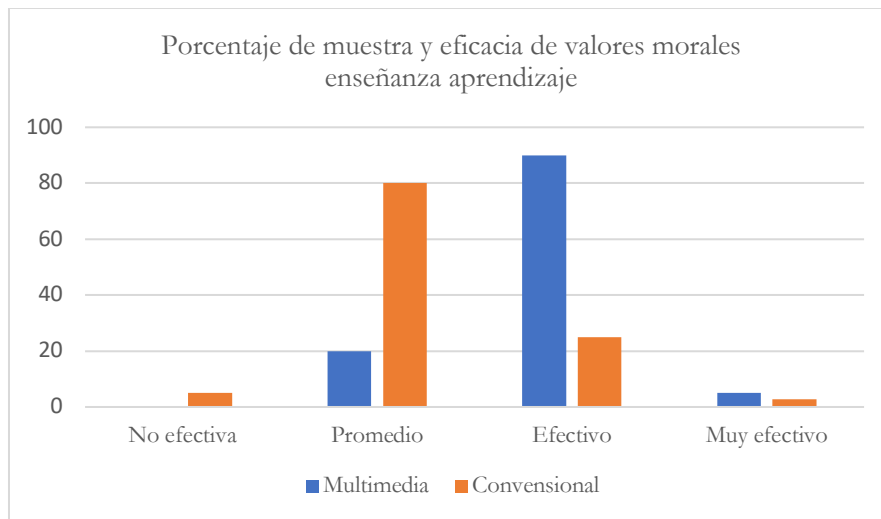


Figura 2 Porcentaje de muestra y eficacia de valores morales enseñanza aprendizaje

Fuente: Elaboración propia

2.6. Conclusión

Este capítulo ha abordado aspectos críticos que resaltan la relevancia de la educación ambiental en el desarrollo de ciudadanos conscientes y responsables. A través del análisis de la interacción entre el ser humano y su entorno, se ha subrayado la imperiosa necesidad de adoptar modelos sostenibles como la economía circular. Se examinó cómo los plásticos contribuyen a la contaminación ambiental y se destacó la importancia de su gestión adecuada en las escuelas primarias públicas de México, resaltando la necesidad de implementar sistemas efectivos de clasificación y reciclaje desde una edad temprana.

Además, se discutió cómo las herramientas de multimedia y la interacción humano-computadora pueden enriquecer la educación ambiental, proporcionando métodos innovadores que mejoran la experiencia de aprendizaje y fomentan una conciencia ambiental desde la infancia. Estos enfoques no solo cultivan un conocimiento profundo sobre el medio ambiente, sino que también preparan a los estudiantes para actuar de manera informada y responsable.

En conjunto, los temas explorados en este capítulo refuerzan la urgencia de programas educativos integrales que fomenten una armonía sustentable entre la humanidad y el medio ambiente. Es fundamental que estas prácticas educativas no solo informen, sino que también inspiren y empoderen a las futuras generaciones para que participen activamente en la preservación de nuestros recursos naturales, asegurando así la salud y el bienestar del planeta para las generaciones venideras.

Este compromiso con la educación ambiental integral es crucial para enfrentar los retos ecológicos del futuro y garantizar un equilibrio sostenible que pueda sostener la vida en todas sus formas.

3. Capítulo III | Del Entendimiento al Diseño: Empatía y Definición

Este capítulo se sumerge en la aplicación metódica de la metodología de *Design Thinking* para abordar cuestiones educativas centradas en la sostenibilidad y el reciclaje, específicamente diseñando un prototipo funcional de un contenedor interactivo. Utilizando un enfoque estructurado y empático, se exploran las fases iniciales de empatizar y definir para profundizar en la comprensión de las necesidades y experiencias de los estudiantes de primaria de seis a ocho años en Huajuapán de León. La metodología de *Design Thinking* se utilizará de manera explícita para el desarrollo de este prototipo, asegurando que cada etapa del proceso esté orientada hacia la creación de una solución efectiva y centrada en el usuario.

La metodología *Design Thinking* ha sido seleccionada para guiar el proceso de desarrollo de esta tesis debido a sus características únicas que facilitan la resolución de problemas complejos, especialmente en el contexto educativo y de reciclaje en escuelas primarias. Esta metodología será la base para el desarrollo del prototipo del contenedor interactivo, asegurando que las soluciones desarrolladas respondan directamente a las necesidades y expectativas de los usuarios. *Design Thinking* pone al usuario en el centro del proceso de diseño, garantizando que el prototipo no solo sea funcional, sino que también promueva la recolección y clasificación de plásticos de manera efectiva y atractiva para los niños. Este enfoque es crucial para el diseño de herramientas educativas y de reciclaje efectivas, como el contenedor interactivo que promueve la recolección y clasificación de plástico mediante el uso de tecnología y contenido multimedia. Aunque existen distintas metodologías tradicionales para el desarrollo de productos tecnológicos, como el Modelo de Cascada, que consiste en el desarrollo de software de manera lineal y secuencial, este modelo asume que un proyecto se puede dividir en una serie de etapas que se completan una tras otra, sin retrocesos entre ellas (Sommerville, 2011).

A diferencia de otros modelos tradicionales, *Design Thinking* es iterativo, permitiendo múltiples ciclos de ideación, prototipado y pruebas. Esta flexibilidad es esencial para adaptar y mejorar continuamente las soluciones basadas en el feedback de los usuarios, facilitando así el desarrollo de habilidades en los niños para identificar y clasificar los diferentes tipos de basura. Además, promueve un ambiente donde la creatividad y la innovación son esenciales, lo cual es particularmente útil en proyectos educativos que buscan soluciones novedosas y efectivas. La metodología también facilita la colaboración entre

equipos multidisciplinares, integrando diversas perspectivas y experticias en el desarrollo de la solución.

Por otro lado, el modelo de cascada sigue una secuencia lineal de etapas, lo cual puede ser rígido y no permite retroceder fácilmente para realizar cambios o mejoras basadas en feedback. Esto puede ser una limitación significativa en proyectos que requieren adaptabilidad y refinamiento continuo, como el desarrollo de un contenedor interactivo que promueva la recolección y clasificación de plástico en niños de nivel primaria. Aunque incluye fases de requisitos y diseño, no enfatiza tanto la comprensión profunda de las necesidades del usuario como lo hace *Design Thinking*. Esto puede resultar en soluciones que no abordan completamente los problemas del usuario final. Además, existe el riesgo de que al finalizar el proyecto, las soluciones desarrolladas no se alineen con las necesidades reales de los usuarios, especialmente en contextos dinámicos y complejos.

3.1. Metodología

Para el desarrollo de esta tesis, se ha seleccionado la metodología de *Design Thinking* de Tim Brown y David Kelly, compuesta por tres fases principales: Comprender, Mejorar y Materializar, y desglosada en cinco etapas operativas: Empatizar, Definir, Idear, Prototipar y Probar, como se ilustra en la Figura 2 (Friis Dam & Yu Siang, 2020). Esta metodología, destacada por su carácter iterativo, facilita una mejora continua durante el proceso de desarrollo del proyecto.

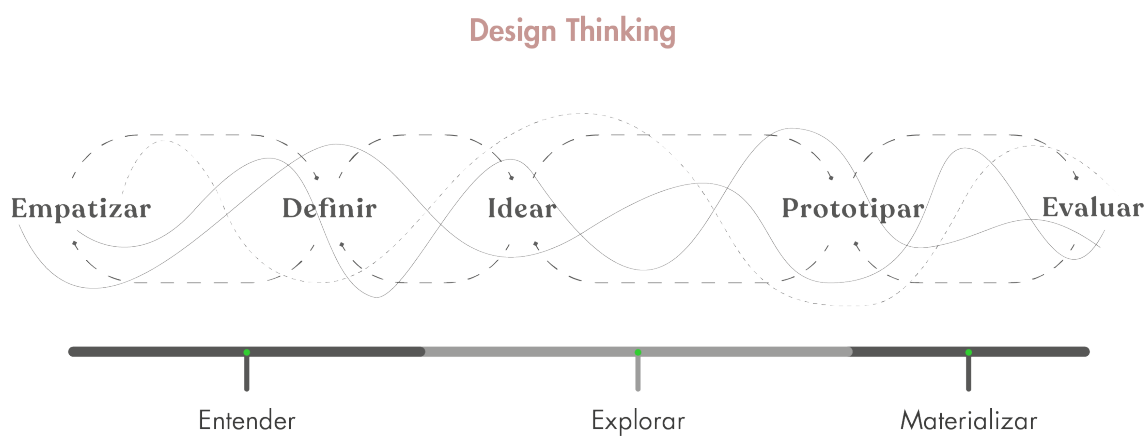


Figura 2. Metodología de *Design Thinking*
Fuente: Elaboración propia con base en Interaction Design Foundation, 2020.

En la primera etapa, Empatizar, el objetivo es profundizar en la comprensión de las necesidades y percepciones del usuario frente al problema identificado. Este entendimiento se logra mediante

herramientas de investigación cualitativa, incluyendo entrevistas y estudios contextuales en escuelas primarias de Huajuapán de León, observaciones directas y análisis de programas educativos existentes. Esta fase es fundamental para captar la complejidad del problema y definir con precisión las necesidades del usuario.

Posteriormente, la etapa de Definir permite sintetizar la información recabada para identificar claramente los problemas y necesidades del usuario. Se emplean herramientas como perfiles de usuario, mapas de empatía y mapas mentales para estructurar y priorizar la información, lo que facilita la identificación de oportunidades de mejora claras y dirigidas.

La fase de Idear se centra en la generación de soluciones creativas a los problemas definidos anteriormente. A través de sesiones de brainstorming y el empleo de técnicas de creatividad, se exploran posibles soluciones, considerando siempre las necesidades del usuario y las limitaciones del proyecto. La selección de la mejor idea marca el final de esta etapa y el inicio del desarrollo de prototipos.

En la etapa de Prototipar, se construyen modelos preliminares de la solución seleccionada. Estos prototipos son esenciales para visualizar la idea y realizar ajustes basados en pruebas prácticas y feedback de usuarios potenciales, lo que permite refinar la solución antes de su implementación final.

Finalmente, la etapa de Probar implica la evaluación del prototipo en condiciones reales con usuarios finales —en este caso, niños de escuelas primarias— para medir su funcionalidad, usabilidad y efectividad. Los resultados de estas pruebas son cruciales para realizar ajustes finales y asegurar que el producto final cumpla con los objetivos establecidos, contribuyendo efectivamente a la educación ambiental y al desarrollo de habilidades en los estudiantes.

En este capítulo, se explora meticulosamente las fases de Empatía y Definición dentro de la metodología de *Design Thinking*. Estas etapas son cruciales para comprender profundamente tanto al usuario como al problema que se aborda. Como se visualiza en la Figura 3, estos pasos iniciales marcan el comienzo del proceso que facilita la transición desde una comprensión contextual hasta la generación de soluciones innovadoras. Este análisis detallado del contexto, los usuarios y las tareas establece una base sólida para el desarrollo subsecuente del proyecto, alineando cada fase meticulosamente con los objetivos generales de la tesis.

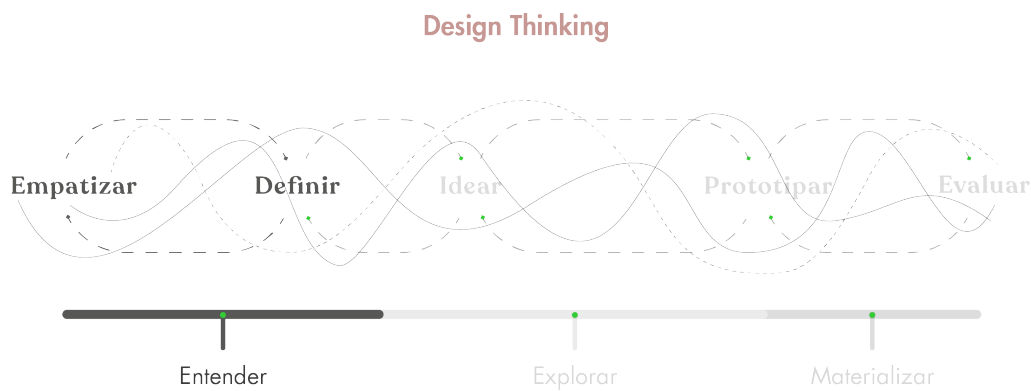


Figura 3 Metodología *Design Thinking* Etapas: Empatizar y Definir
Fuente: Elaboración propia

3.2. Análisis del Contexto

Este apartado desarrolla un marco meticuloso para comprender el ambiente educativo y personal de niños de 6 a 8 años en las escuelas primarias de Huajuapán de León. Se han empleado métodos como Estudio Contextual, Entrevistas con Expertos y *Focus Groups* para captar la realidad cotidiana y los desafíos y oportunidades dentro del entorno educativo. Esta comprensión detallada es fundamental para diseñar intervenciones que se correspondan estrechamente con las vivencias diarias de los estudiantes, asegurando que las soluciones propuestas sean pertinentes y efectivas.

El orden en que se implementaron los métodos de Estudio Contextual, Entrevistas con Expertos y *Focus Groups* fue estratégicamente diseñado para maximizar el entendimiento del ambiente educativo. Inicialmente, el Estudio Contextual proporcionó un contacto directo con una escuela seleccionada, permitiendo una comprensión inmediata de la interacción diaria entre los estudiantes y su entorno. Esta primera etapa facilitó una observación directa y captó una visión general del contexto en el que se desenvuelven los niños.

A continuación, las Entrevistas con Expertos, realizadas a profesores de otras escuelas conocedores en prácticas de reciclaje, brindaron una perspectiva más profunda y especializada sobre los métodos de enseñanza y reciclaje más efectivos. Este paso fue crucial para adquirir conocimientos específicos que no serían evidentes solo con la observación.

El *Focus Group*, realizado posteriormente con un grupo más amplio de profesores, permitió profundizar en los temas identificados previamente. La información obtenida en las fases anteriores ayudó a afinar las preguntas y dirigir las discusiones de manera más efectiva, asegurando que los diálogos fueran relevantes y constructivos. Esta secuencia metodológica aseguró que cada fase de la investigación se fundamentara en los datos recopilados anteriormente, facilitando una comprensión integral y detallada de los desafíos y oportunidades dentro del entorno educativo, y proporcionando una base sólida para el diseño de intervenciones adecuadas.

3.2.1. Estudio Contextual

El estudio contextual, una técnica de investigación cualitativa esencial en los métodos de estudio de campo, permite explorar el entorno de uso de productos o servicios y el contexto cultural de los usuarios. Esta metodología es crucial para comprender las interacciones y necesidades reales al observar a las personas en sus ambientes naturales, como escuelas o hogares, combinando la observación directa con entrevistas no intrusivas para captar percepciones y comportamientos en tiempo real sin alterar el curso normal de las actividades (Duda et al., 2020).

3.2.1.1. Objetivo del Estudio Contextual

El objetivo central de este estudio fue entender cómo los niños de seis a ocho años en escuelas primarias públicas gestionan y perciben las prácticas de reciclaje de plásticos, evaluando la influencia de su entorno educativo y social en sus comportamientos hacia el reciclaje. Los datos obtenidos son fundamentales para diseñar soluciones prácticas y atractivas, como un contenedor de reciclaje interactivo que se integre de manera efectiva en sus rutinas diarias y el currículo escolar.

3.2.1.2. Ficha Técnica del Estudio Contextual

Centrarse en una sola institución permitió una inmersión más profunda y un análisis detallado, en lugar de una visión más superficial que podría haber resultado de dividir el tiempo y los recursos en múltiples ubicaciones. Esta profundidad de enfoque fue vital para obtener *insights* detallados y significativos que podrían no haber sido evidentes en un estudio más disperso. Para proporcionar una visión clara y estructurada de la implementación del estudio contextual, a continuación, se presenta una ficha técnica detallada. En esta Tabla 2 se resumen los aspectos clave del estudio.

Tabla 2 Ficha Técnica del Estudio Contextual
Fuente: Elaboración propia

| Aspectos del estudio | Detalle |
|-------------------------------|--|
| Escuela (s) visitadas (s) | Escuela primaria pública en Huajuapán de León “General Francisco Villa” |
| Número total de participantes | 90 estudiantes, 3 profesoras, 2 miembros del personal de limpieza, 1 directivo |
| Duración del estudio | 15 días |
| Fecha de Realización | 09 de diciembre de 2022 |
| Metodología Utilizada | Observaciones, entrevistas semiestructuradas, análisis de documentos |

La decisión de concentrar el estudio en una única escuela, como se plantea en el texto, fue estratégica y permitió una profundización en un ambiente específico. Esta elección se justificó por la representatividad de la escuela en términos de tamaño y demografía estudiantil, así como la falta de programas de reciclaje previos, proporcionando un lienzo único para explorar los desafíos y oportunidades en la implementación de la educación ambiental desde cero. La combinación de observaciones, entrevistas y análisis de documentos permitió capturar una perspectiva completa del contexto escolar, ofreciendo una visión integral de las necesidades y desafíos para implementar prácticas de reciclaje efectivas.

El enfoque en una sola escuela permitió recoger percepciones detalladas y significativas de los estudiantes, el personal docente y administrativo, lo que facilitó una comprensión profunda de las actitudes y comportamientos hacia el reciclaje y la educación ambiental. Además, la ausencia de programas de reciclaje preexistentes en la escuela brindó una perspectiva única para comprender los obstáculos y las posibilidades de fomentar prácticas sostenibles en un entorno inicialmente no preparado para tales iniciativas.

La información obtenida a través de este estudio meticuloso es vital para diseñar soluciones que no solo sean prácticas sino también atractivas y efectivas para los estudiantes, contribuyendo así a una implementación exitosa de programas de educación ambiental y reciclaje desde cero.

3.2.1.3. Actividades Realizadas en el Estudio Contextual

Durante el estudio contextual realizado en la primaria “General Francisco Villa” en la ciudad de Huajuapán de León se llevaron a cabo actividades para obtener una comprensión profunda del entorno y las prácticas de reciclaje en los niños, la siguiente Tabla 3 muestra las técnicas utilizadas durante este estudio

Tabla 3 Listado de Actividades Realizadas en el Estudio Contextual
Fuente: Elaboración propia

| Estudio contextual | |
|--------------------------------------|---|
| Actividad | Descripción |
| Observación en el Aula: | Se inició con observaciones directas en las aulas de primer grado, donde se prestó especial atención a cómo los profesores introducían temas de reciclaje y sostenibilidad. Se tomaron notas detalladas sobre las interacciones entre profesores y alumnos, así como sobre los materiales y recursos didácticos utilizados. |
| Entrevistas con Profesores: | Se realizaron entrevistas semiestructuradas con profesores de diferentes grados, preguntándoles sobre sus experiencias y desafíos al enseñar educación ambiental. Estas conversaciones proporcionaron valiosos <i>insights</i> sobre las limitaciones de recursos y las estrategias pedagógicas empleadas. |
| Actividades de Reciclaje Observadas: | Se observaron sesiones prácticas de reciclaje, donde los niños clasificaban diferentes tipos de residuos. Se registró cómo interactuaban con los contenedores de reciclaje, su nivel de compromiso y la eficacia de las instrucciones proporcionadas. |
| Registro Fotográfico: | Se capturaron fotografías del entorno escolar, incluyendo espacios dedicados al reciclaje, para documentar visualmente el contexto y apoyar el análisis posterior. |

A través de estas actividades, se logró recopilar datos ricos y detallados, los cuales fueron fundamentales para identificar las necesidades, preferencias y obstáculos enfrentados por los estudiantes en relación con la educación ambiental y el reciclaje. Las imágenes capturadas durante el estudio revelan la realidad diaria y las condiciones ambientales a las que están expuestos los estudiantes.

En la Figura 4 observamos un salón de clases con niños de primer año de primaria en la Escuela General Francisco Villa. Esta imagen ilustra el entorno educativo cotidiano donde se implementan las intervenciones de reciclaje.



Figura 4 Salón de Clases con Niños de Primer Grado
Fuente: Elaboración propia

La Figura 5 muestra un empaque de golosinas desechado en el patio de la escuela, resaltando la prevalencia de residuos plásticos en el entorno escolar y la necesidad de prácticas de reciclaje efectivas.



Figura 5 Empaque de Golosinas en Entorno Escolar
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6 se capta un montón de residuos acumulados detrás del recinto escolar, lo que subraya la magnitud del desafío del manejo de desechos y la importancia de educar a los estudiantes sobre el reciclaje y la gestión ambiental sostenible.



Figura 6 Basurero Improvisado en la Escuela Primaria
Fuente: Elaboración propia

3.2.1.4. Resultados del Estudio Contextual

Para fortalecer el análisis, el estudio contextual realizado en una escuela primaria de Huajuapán de León ha aportado información valiosa sobre las prácticas actuales y los desafíos en educación y reciclaje ambiental. La recopilación de datos tanto cuantitativos como cualitativos ofrece una visión clara de la situación actual en las escuelas, resaltando áreas clave que requieren atención y mejoramiento. Estos resultados no solo subrayan las necesidades y oportunidades existentes sino que también guían las futuras fases del proyecto hacia la implementación de soluciones educativas más efectivas. A continuación, se presentan en la Tabla 4 los resultados cuantitativos obtenidos de las observaciones en el aula.

Tabla 4 Resultados Cuantitativos de Observaciones en el Aula
Fuente: Elaboración propia

| Observaciones en el Aula | |
|---|--|
| Datos Cuantitativos | Resultados |
| Número Total de Aulas Observadas: | Se realizaron observaciones en 3 aulas diferentes para obtener una muestra representativa de diferentes estilos de enseñanza y dinámicas de aula. |
| Duración de las sesiones de educación ambiental | Cada sesión observada tuvo una duración promedio de 30 minutos , enfocándose en temas de reciclaje y conservación. |
| Participación estudiantil: | Se estimó que un 90% de los estudiantes en cada aula participaron activamente en las discusiones y actividades de reciclaje. Esto se midió observando la interacción de los estudiantes durante las sesiones, incluyendo preguntas, respuestas y actividades prácticas. |
| Recursos Utilizados: | Se documentó el tipo de materiales educativos usados para enseñar reciclaje, incluyendo libros y actividades independientes. En promedio, se utilizaron 2 tipos diferentes de recursos por aula. |
| Respuesta Estudiantil: | Se evaluó la respuesta de los estudiantes a las lecciones de reciclaje, observando signos de compromiso como la atención, el interés y la participación activa. Se estimó que aproximadamente el 80% de los estudiantes mostraron un alto nivel de compromiso. |

Por otro lado, se tienen la Tabla 5 que muestra los datos cualitativos en relación a Observaciones en el Aula.

Tabla 5 Resultados Cualitativos de Observaciones en el Aula
Fuente: Elaboración propia

| Observaciones en el Aula | |
|--|---|
| Datos Cualitativos | Resultados |
| Interacción Profesor-Estudiante: | Se observó que los profesores utilizaban una variedad de técnicas para involucrar a los estudiantes en el tema del reciclaje. Por ejemplo, en una clase, el profesor usó una historia interactiva para explicar la importancia del reciclaje, lo que resultó en una discusión animada y preguntas por parte de los estudiantes. |
| Respuestas y Participación de los Estudiantes: | Los estudiantes mostraron diferentes niveles de interés y comprensión sobre el reciclaje. En algunas clases, los estudiantes estaban muy entusiasmados y compartían ejemplos de cómo reciclaban en casa. En otras, parecían menos familiarizados con el concepto. |
| Uso de Materiales Didácticos: | Se notó una variedad en el uso de materiales didácticos relacionados con el reciclaje. Mientras que algunas aulas tenían carteles y recursos visuales sobre cómo reciclar correctamente, otras no tenían material visible relacionado con el tema. |
| Ambiente de Aprendizaje: | El ambiente en las aulas variaba considerablemente. Algunas aulas tenían una atmósfera muy interactiva y participativa, mientras que, en otras, las lecciones eran más tradicionales y centradas en el profesor. |

Los datos obtenidos del estudio en la escuela primaria ofrecen una perspectiva integral sobre la educación ambiental. Los resultados cuantitativos ilustran la frecuencia y el nivel de participación en el reciclaje, mientras que los cualitativos desvelan las percepciones y métodos de enseñanza. Estos hallazgos fueron fundamentales definir requerimientos del proyecto más adelante.

3.2.2. Entrevistas con Expertos

Las entrevistas con expertos, como método de investigación cualitativa, son fundamentales para ahondar en el entendimiento de temas específicos al explorar en detalle las percepciones y experiencias de quienes poseen conocimiento especializado en áreas relevantes. Este enfoque permite captar *insights* críticos que no se obtendrían a través de métodos más generales, proporcionando una comprensión rica y profunda de las cuestiones en estudio. Al interactuar directamente con expertos, se pueden explorar complejidades y matices en las respuestas, lo que es crucial para el diseño de soluciones bien informadas y efectivas en contextos prácticos como el educativo, el tecnológico o el ambiental.

3.2.2.1. Objetivo de la Entrevista con Expertos

Las entrevistas a expertos en educación ambiental profundizaron en las estrategias efectivas y los desafíos de enseñar reciclaje y conservación dentro de las escuelas. Estas conversaciones se orientaron a comprender las perspectivas de educadores experimentados, quienes han integrado la conciencia ambiental en el currículo de las escuelas primarias públicas. Al explorar sus conocimientos y experiencias, se identificaron las prácticas exitosas y los obstáculos frecuentes en la educación ambiental.

3.2.2.2. Ficha Técnica de la Entrevista con Expertos

La ficha técnica presentada en la Tabla 6 detalla la logística y el personal involucrado en las entrevistas con expertos en educación ambiental, realizadas el 12 de diciembre de 2023 en el UsaLab Laboratorio de Usabilidad UTM. Este procedimiento incluyó a tres profesores expertos, un entrevistador, el director del estudio y un técnico, destacando así la estructura organizativa y los recursos empleados para esta parte esencial del estudio. Esta información es crucial para entender la preparación y ejecución de las entrevistas, proporcionando transparencia y estructura al proceso de recopilación de datos.

Tabla 6 Ficha Técnica de Entrevista con Expertos
Fuente: Elaboración propia

| Ficha Técnica de Entrevista con Expertos | |
|--|--|
| Datos | Detalles |
| Ubicación | UsaLab Laboratorio de Usabilidad UTM |
| Fecha de realización | 12 de diciembre de 2022 |
| Número de expertos | 3 profesoras expertas en educación ambiental |
| Equipo de entrevista | 1 entrevistador, 1 director del estudio, 1 técnico, 1 reclutador |
| Duración de la entrevista | 30-45 minutos |
| Metodología utilizada | Entrevistas semiestructuradas, observaciones y grabaciones |

3.2.2.3. Implementación de la Entrevista con Expertos

La implementación de las entrevistas semiestructuradas con expertos en educación ambiental se llevó a cabo con un enfoque detallado y organizado en el UsaLab Laboratorio de Usabilidad UTM el 12 de diciembre. Los expertos, citados para las 5:00 p.m., comenzaron la entrevista a las 5:10 p.m., extendiéndose por aproximadamente 45 minutos. Durante este tiempo, se exploraron temas clave como metodologías efectivas, desafíos y soluciones en la educación ambiental, así como su impacto en la conciencia y comportamiento ambiental de los estudiantes. Las conversaciones se ajustaron dinámicamente para profundizar en las respuestas y explorar nuevos temas relevantes.



Figura 7 Entrevista con Expertos
Fuente: Elaboración propia

3.2.2.4. Resultados de la Entrevista con Expertos

El estudio de los expertos ha proporcionado datos esenciales para la comprensión de las prácticas de reciclaje en el contexto escolar. Los resultados cuantitativos, presentados en la Tabla 7, subrayan la unanimidad entre los expertos sobre la importancia de los proyectos prácticos en la educación del reciclaje y la necesidad vital de involucrar a los padres o tutores en actividades ambientales. La frecuencia de los temas ambientales en las planificaciones curriculares y la clasificación diaria de basura en las aulas reflejan un enfoque práctico y sistemático hacia la educación ambiental. Además, la interacción mensual en dinámicas con padres y alumnos para recoger y reciclar materiales como bolsas de PET resalta un esfuerzo comunitario y educativo continuo. Estos hallazgos son cruciales para el diseño de intervenciones dirigidas y eficaces, permitiendo un acercamiento más ajustado a las realidades y necesidades de las escuelas implicadas.

Tabla 7 Datos Cuantitativos de Entrevista con Expertos
Fuente: Elaboración propia

| Entrevista con Expertos | |
|---|--|
| Datos Cuantitativos | Resultados |
| Implementación de Proyectos Prácticos | 100% de los expertos utilizan proyectos prácticos en la enseñanza del reciclaje |
| Colaboración con Padres o Tutores | 100% indican que es fundamental involucrar a padres o tutores en actividades ambientales. |
| Frecuencia de Temas Ambientales en Planeaciones | En promedio, se abordan entre una o dos veces a la semana , según la carga de trabajo. |
| Clasificación de Basura en el Aula | Práctica diaria en las aulas, con correcta disposición en contenedores específicos. |
| Dinámicas con Padres de Familia | 1 vez al mes , colaboración de padres o tutores con los niños para recolectar y reciclar bolsas de PET. |

La Tabla 8 "Datos Cualitativos de Entrevista con Expertos" presenta resultados derivados de entrevistas con expertos en educación ambiental, resaltando estrategias efectivas, incentivos, desafíos y recomendaciones para mejorar la educación ambiental en escuelas primarias. Por ejemplo, se menciona que el aprendizaje experiencial y la creación de arte con materiales reciclados son altamente efectivos, mientras que la falta de recursos y apoyo institucional es un desafío significativo. Además, se sugiere que involucrar a los padres y a la comunidad puede aumentar la participación y efectividad de los programas de reciclaje.

Tabla 8 Datos Cualitativos de Entrevista con Expertos
Fuente: Elaboración propia

| Entrevista con expertos | |
|---|---|
| Datos Cualitativos | Resultados |
| Estrategias Efectivas: | Los expertos estuvieron de acuerdo en que métodos como el aprendizaje experiencial son altamente efectivos, destacando actividades como la creación de arte con materiales reciclados para fomentar el entendimiento y la práctica del reciclaje. |
| Incentivos Monetarios: | Fue un consenso que las recompensas monetarias motivan significativamente a los niños en las actividades de reciclaje, incentivando su participación activa. |
| Desafíos en la Educación Ambiental: | Se identificó una marcada falta de recursos y apoyo institucional, lo cual representa un obstáculo importante en la implementación efectiva de programas de educación ambiental. |
| Participación Estudiantil: | Los expertos notaron un aumento en la participación estudiantil en actividades de reciclaje cuando los niños se involucran directamente en la toma de decisiones y en proyectos creativos. |
| Recomendaciones para Mejoras: | Se sugirió una integración más amplia de la educación ambiental en el currículo general, y no solo en asignaturas específicas, resaltando también la importancia de la participación de los padres y la comunidad. |
| Dinámicas de Juego y Trabajo en Equipo: | Hubo acuerdo en que los niños prefieren y se benefician más de actividades colaborativas en equipo en comparación con tareas individuales, sugiriendo el uso de juegos y trabajo en grupo para enseñar reciclaje. |

Este estudio subraya el papel esencial del aprendizaje experiencial en la educación ambiental escolar. Tal enfoque, que se fundamenta en la selección, interpretación y contextualización de información pertinente, enfatiza la importancia de involucrar a los estudiantes en experiencias auténticas y actividades constantes que estimulen su interés. De esta manera, no solo se proveen estímulos significativos para el aprendizaje, sino que también se promueve una participación activa y comprometida por parte de los estudiantes, fundamental para una comprensión profunda y una aplicación práctica de los conceptos ambientales.

3.2.3. *Focus Group*

El *Focus Group*, como técnica de investigación cualitativa, es ampliamente reconocido por su eficacia en el estudio de las percepciones, opiniones y actitudes de los usuarios, especialmente en contextos de campo. Su utilidad radica en su capacidad para facilitar un entendimiento profundo de las experiencias y puntos de vista de los participantes, a través de un entorno grupal interactivo. Esta metodología resulta ser excepcionalmente valiosa cuando el objetivo es generar discusiones ricas y diversificadas sobre temas específicos. Al propiciar un diálogo abierto, los *focus groups* permiten la emergencia de insights y matices que serían difícilmente accesibles mediante métodos más estructurados de

investigación. Krueger y Casey (2015), destacan que los *focus groups* son cruciales para 'explorar las complejidades y variaciones en las percepciones y experiencias de los participantes', proporcionando así una plataforma inigualable para el intercambio de ideas y la colaboración, aspectos esenciales para el diseño centrado en el usuario.

3.2.3.1. Objetivo del *Focus Group*

El objetivo del *Focus Group* en este estudio fue reunir a profesores de diversas escuelas primarias de Huajuapán de León para investigar sus patrones de conducta y métodos de enseñanza en educación ambiental. El propósito era profundizar en cómo los docentes implementan la educación ambiental, siguiendo tanto los lineamientos del material de la Secretaría de Educación Pública como mediante iniciativas propias, incluyendo actividades de reciclaje y reutilización de desechos. Se buscó comprender la variedad de enfoques pedagógicos empleados, la participación activa de los estudiantes y el papel de las familias en reforzar estos aprendizajes, con el fin de identificar prácticas efectivas y áreas de mejora en la educación ambiental.

3.2.3.2. Ficha Técnica del *Focus Group*

La ficha técnica proporciona detallado de los elementos clave del proceso de estudio y su implementación. Esta se incluye en la Tabla 9, que compila datos fundamentales como roles de los participantes involucrados, la fecha específica y el lugar donde se llevó a cabo la investigación, así como una enumeración de los temas principales que se abordaron durante el estudio.

Tabla 9 Ficha Técnica de Entrevista con Expertos
Fuente: Elaboración propia

| Ficha Técnica de Entrevista con Expertos | |
|--|--|
| Aspecto | Detalles |
| Ubicación | UsaLab Laboratorio de Usabilidad UTM |
| Fecha de realización | 12 de diciembre de 2022 |
| Número de participantes | 8 profesores de educación primaria |
| Equipo de entrevista | 1 moderador, 1 director del estudio, 1 técnico, 1 reclutador |
| Duración de la entrevista | 90-120 minutos |
| Metodología utilizada | Entrevistas semiestructuradas, observaciones y grabaciones |

A continuación, se detallarán la implementación de la técnica *Focus Group*.

3.2.3.3. Implementación del *Focus Group*

La implementación del *Focus Group* se planificó meticulosamente para garantizar la efectividad de la sesión. Participaron ocho docentes de diversas escuelas primarias de Huajuapán de León, seleccionados por su experiencia en educación ambiental. La sesión se desarrolló en una sala del laboratorio, acondicionada para facilitar el diálogo y la reflexión.

Antes de comenzar, se proporcionó una introducción para clarificar el propósito y las expectativas del *Focus Group*, asegurando que todos los participantes estuvieran al tanto del formato y los objetivos de la sesión. Se entregó una lista de temas y preguntas clave diseñadas para guiar la discusión y promover un intercambio profundo de ideas sobre la educación ambiental.

Durante el *Focus Group*, que tuvo una duración aproximada de dos horas, se animó a los profesores a compartir sus experiencias, opiniones y prácticas relacionadas con la enseñanza del reciclaje y la conservación. Un moderador capacitado supervisó la discusión, garantizando que todos los temas se abordaran equitativamente y que cada participante tuviera oportunidad de expresarse.

Adicionalmente, se grabó en audio y video la sesión para su posterior análisis detallado, lo que permitió capturar no solo las respuestas verbales sino también las interacciones no verbales y las dinámicas grupales. Los *insights* y patrones que emergieron de esta discusión grupal proporcionaron una valiosa fuente de información para el estudio, revelando tendencias y áreas clave para futuras intervenciones en educación ambiental.

La documentación de este *Focus Group*, incluyendo las grabaciones y notas tomadas, se almacenaron cuidadosamente para referencias y análisis, garantizando una comprensión completa y precisa de las discusiones llevadas a cabo. En la Figura 8, se observa un momento de la sesión, donde los participantes están activamente involucrados en una discusión. La configuración de la sala, con su mesa de vidrio y disposición circular, facilitó una interacción cara a cara que es esencial para el dinamismo y la honestidad en las respuestas. Este ambiente también contribuye a una atmósfera de colaboración, esencial para el éxito de la metodología aplicada.



Figura 8 Focus Group Realizado en el UsaLab Laboratorio de Usabilidad UTM
Fuente: Elaboración propia

3.2.3.4. Resultados del *Focus Group*

En esta sección, se presentaron los hallazgos obtenidos de la discusión con profesores de escuelas primarias en Huajuapán de León. Estos hallazgos brindaron una perspectiva integral sobre los enfoques actuales de enseñanza y las posibles áreas de mejora en la educación ambiental. En la Tabla 10, que se muestra en el documento, se recogen datos cuantitativos como la frecuencia de las actividades de reciclaje, la integración curricular de los temas ambientales, la participación estudiantil, el involucramiento de los padres, y las respuestas de los estudiantes hacia las actividades propuestas. Estos resultados indican que, aunque las actividades son regulares y parte del currículo, la participación varía y depende del nivel de compromiso de cada agente educativo involucrado.

Tabla 10 Resultados Cuantitativos de *Focus Group*
Fuente: Elaboración propia

| <i>Focus Group</i> | |
|--|--|
| Datos Cuantitativos | Resultados |
| Frecuencia de Actividades de Reciclaje | Reportes variaron desde actividades diarias hasta sesiones semanales o mensuales. |
| Integración Curricular | Los temas ambientales se incluían regularmente en el plan de estudios, con variaciones entre las escuelas con un 50% del total de los participantes. |
| Participación Estudiantil | En promedio, se abordan entre una o dos veces a la semana, según la carga de trabajo. |
| Involucramiento de Padres | Los participantes mencionan una participación variada de los padres en actividades escolares ambientales. |
| Respuesta de los Estudiantes | Los participantes mencionan una que los estudiantes mostraron diferentes niveles de interés y compromiso, dependiendo del tipo de actividad propuesta. |

Por otro lado, la Tabla 11 expone los resultados cualitativos, destacando los enfoques pedagógicos utilizados por los docentes, la participación de la comunidad en las iniciativas ambientales, las experiencias y percepciones sobre el impacto de estas actividades en los estudiantes, y las barreras identificadas para la implementación efectiva de la educación ambiental. Los profesores destacaron la efectividad de la enseñanza experiencial y proyectos basados en el aprendizaje activo. Además, se subrayó la importancia de involucrar a las familias en las iniciativas ambientales para reforzar el aprendizaje. También se discutió el impacto positivo de las actividades prácticas en la motivación de los estudiantes hacia el reciclaje, identificando al mismo tiempo desafíos significativos como la falta de recursos y apoyo institucional que podrían obstaculizar la enseñanza efectiva del tema.

Tabla 11 Datos Cualitativos de *Focus Group*
Fuente: Elaboración propia

| <i>Focus Group</i> | |
|--------------------------------------|--|
| Datos Cualitativos | Resultados |
| Enfoques Pedagógicos | Los profesores destacaron la efectividad de la enseñanza experiencial y proyectos basados en el aprendizaje activo. |
| Participación de la Comunidad | Se enfatizó la importancia de involucrar a las familias en iniciativas ambientales para reforzar el aprendizaje. |
| Experiencias y Percepciones | Se discutió el impacto positivo de las actividades prácticas en la motivación de los estudiantes hacia el reciclaje. |
| Barreras para la Educación Ambiental | Se identificaron desafíos como la falta de recursos y apoyo institucional. |

La implementación del *Focus Group* proporcionó *insights* valiosos sobre la aplicación práctica de la educación ambiental en las escuelas primarias de Huajuapán de León. Los hallazgos subrayaron la importancia de la enseñanza experiencial y la participación comunitaria en el fomento de una educación ambiental efectiva. Se evidenció que, pese a los desafíos como la falta de recursos y soporte institucional, los enfoques innovadores y la integración curricular de los temas ambientales pueden potenciar significativamente la motivación y el compromiso de los estudiantes hacia actividades sostenibles.

3.3. Procesamiento la Información

Tras una inmersión profunda en la etapa de empatizar, donde se exploraron las necesidades, comportamientos y el entorno de los niños de 6 a 8 años en las escuelas primarias de Huajuapán de León, el siguiente paso fue sintetizar y definir lo identificado. Esta fase, conocida como "Definir", fue crucial en el proceso de *Design Thinking*. Aquí, se transformaron las observaciones y descubrimientos en un entendimiento claro y enfocado del problema. Al definir con precisión las necesidades y desafíos de los estudiantes y profesores en el contexto de la educación ambiental y el reciclaje, se estableció una base sólida para el diseño de soluciones.

Este apartado detalla el proceso y las herramientas utilizadas para condensar los hallazgos y clarificar el problema. Una de las herramientas clave utilizadas fueron las Declaraciones del Punto de Vista (POV), que centraron la solución de problemas en las necesidades humanas, garantizando que las soluciones fueran relevantes y centradas en el usuario. Para desarrollar las Declaraciones del Punto de Vista, se consideraron los desafíos clave identificados durante la fase de empatizar. Estos desafíos reflejaron las principales barreras y oportunidades en la educación ambiental y el reciclaje en el contexto del estudio. Por ejemplo, se identificaron necesidades específicas como la creación de actividades de aprendizaje sobre reciclaje que fueran visualmente atractivas y adaptadas al desarrollo cognitivo de los estudiantes jóvenes, y la implementación de programas de reciclaje en las escuelas que fueran informativos y motivadores. Además, se utilizó la técnica de "*How Might We?*" para transformar las Declaraciones del Punto de Vista en preguntas que guiaran la generación de ideas creativas y viables. Esta técnica facilitó la exploración de posibles soluciones, ofreciendo un panorama detallado de cómo cada oportunidad de diseño podría materializarse en acciones específicas.

Otra herramienta crucial fue la Matriz de Priorización, que ayudó a discernir cuáles propuestas tenían un mayor impacto y factibilidad. Este paso crítico aseguró que las ideas más efectivas y aplicables avanzaran hacia el desarrollo. Con las soluciones más prometedoras en mano, el enfoque se desplazó hacia la técnica de "Personas", donde se afinaron estas ideas para responder a las necesidades específicas de los usuarios, enriqueciendo así su experiencia. Finalmente, se implementó el "*Customer Journey Map*" para explorar la experiencia completa del usuario en el contexto de la educación ambiental y el reciclaje. Esta herramienta proporcionó una visión valiosa de los momentos críticos y las oportunidades de mejora en la educación ambiental, revelando cómo y cuándo intervenir con estrategias educativas efectivas.

3.3.1. Declaraciones del Punto de Vista (*Point of View*)

Las Declaraciones del Punto de Vista son una herramienta central en *Design Thinking*, utilizada para enfocar la solución de problemas en las necesidades humanas. Tim Brown, CEO de IDEO, resalta la importancia de estas declaraciones para definir el problema de una manera que inspire a los equipos de diseño. Según Brown, las declaraciones POV "no solo nombran el problema a resolver, sino que también enmarcan las oportunidades de diseño de una manera que invita a soluciones creativas" (Brown, "Change by Design", 2009). Este enfoque garantiza que las soluciones sean relevantes y centradas en el usuario.

El uso de esta herramienta es fundamental en cualquier proceso de diseño centrado en el usuario, ya que proporciona una base sólida para tomar decisiones informadas. Permite identificar y priorizar las verdaderas necesidades y problemas, garantizando que las soluciones sean prácticas y aplicables

Para desarrollar las Declaraciones del Punto de Vista (POV), se consideraron los desafíos clave identificados durante la fase de empatizar. Estos desafíos reflejan las principales barreras y oportunidades en la educación ambiental y el reciclaje en el contexto de tu estudio. La Tabla 12 presenta las Declaraciones del Punto de Vista (POV) identificadas durante la fase de empatizar del proceso de *Design Thinking*. Estas declaraciones se enfocan en las necesidades y desafíos específicos de los diferentes *stakeholders* involucrados en la educación ambiental y el reciclaje en las escuelas primarias de Huajuapán de León.

Tabla 12 Declaraciones del Punto de Vista
Fuente: Elaboración propia

| Declaraciones del Punto de Vista (POV) | |
|--|---|
| Stakeholders/Materiales | Desafío identificado |
| Estudiantes | Los estudiantes de 6 a 8 años necesitan una manera más atractiva y comprensible de aprender sobre reciclaje, que se alinee con su nivel de desarrollo y sus intereses |
| Estudiantes | Los estudiantes muestran curiosidad sobre temas de sostenibilidad y medio ambiente, pero carecen de una comprensión clara de cómo sus acciones impactan el planeta. |
| Estudiantes | Los estudiantes están dispuestos a participar en actividades de reciclaje, pero no se sienten suficientemente motivados o informados sobre cómo hacerlo efectivamente. |
| Profesores | Los profesores requieren métodos más efectivos y recursos adecuados para enseñar sobre reciclaje, de manera que inspiren y motiven a los estudiantes, integrando estas lecciones en el currículo existente. |
| Materiales Educativos | Es necesario desarrollar materiales didácticos y actividades prácticas que hagan el proceso de aprendizaje sobre reciclaje interactivo, divertido y memorable para los estudiantes jóvenes. |
| Materiales Educativos | Los materiales educativos actuales no integran de manera efectiva la educación ambiental y el reciclaje en el currículo escolar. |
| Materiales Educativos | Falta de uso de tecnologías y medios digitales en la enseñanza del reciclaje y la sostenibilidad. |
| Comunidad | Se necesita fomentar una mayor colaboración y participación de los padres y la comunidad local en las iniciativas de educación ambiental y reciclaje en las escuelas. |

Tras identificar meticulosamente las necesidades y desafíos de los usuarios, se utilizaron las Declaraciones del Punto de Vista (POV) para enfocar y especificar estos retos. Esta técnica permitió transformar observaciones y datos dispersos en una comprensión estructurada de los problemas. Así se comenzó una fase de transformación, en la cual estas declaraciones se convirtieron en catalizadores de innovación a través de la técnica "*How Might We?*". Tom Kelley de IDEO, en su libro "*The Art of Innovation*", describe cómo estas preguntas abren un espacio para la exploración creativa y el pensamiento innovador, transformando desafíos en oportunidades de diseño (Kelley et al., 2001).

Esta herramienta se utiliza para transformar desafíos en oportunidades de diseño y consiste en reformular los problemas identificados en la fase de empatizar en preguntas que comienzan con "*How Might We?*" (¿Cómo podríamos?). La técnica "*How Might We?*" proporciona un enfoque positivo al enmarcar los problemas como preguntas que invitan a la acción, esto ayuda a evitar el estancamiento, en cambio, enfoca la atención en encontrar soluciones, además, se abre la puerta a una amplia gama de posibilidades al descomponer problemas complejos en partes manejables, proporcionando un enfoque claro para la ideación. Esto asegura que el equipo de diseño se mantenga alineado y enfocado en las necesidades del usuario.

En la Tabla 13 se muestra un ejemplo, suponga que durante la fase de empatizar en un proyecto de diseño de un programa educativo sobre reciclaje, se identificó que los estudiantes de 6 a 8 años encuentran las lecciones actuales aburridas y difíciles de entender. Para abordar este desafío, se podría reformular el problema en una pregunta "*How Might We?*".

Tabla 13 Ejemplo de la Aplicación de la Herramienta *How Might We?*
Fuente: Elaboración propia

| Ejemplo de la Aplicación de la Herramienta <i>How Might We?</i> | |
|---|--|
| Desafío identificado | Cómo podríamos (<i>How Might We?</i>) |
| "Los estudiantes de 6 a 8 años encuentran las lecciones sobre reciclaje aburridas y difíciles de entender." | ¿Cómo podríamos diseñar actividades de aprendizaje sobre reciclaje que sean visualmente atractivas y adaptadas al desarrollo cognitivo de los estudiantes jóvenes? |

Este enfoque no solo reforzó la comprensión de las necesidades del usuario, sino que también preparó el camino para la siguiente fase del *Design Thinking*: la Ideación. En esta etapa, las preguntas "*How Might We?*" funcionaron como una guía para generar ideas creativas y viables, enfocadas en mejorar la experiencia educativa en torno al reciclaje y la sostenibilidad. Utilizar esta técnica fue esencial para mantener el proceso de diseño centrado en el usuario, asegurando que cada solución propuesta respondiera directamente a los problemas y necesidades previamente identificados, incrementando así la relevancia y efectividad de las soluciones. La Tabla 14 muestra la transformación de las necesidades del POV en preguntas "*How Might We?*", vinculando directamente los desafíos de los usuarios con el proceso creativo de ideación. Esta representación facilita entender cómo convertir problemas específicos en oportunidades de diseño.

Tabla 14 De Desafíos a Oportunidades: Conectando POV con *How Might We?*

Fuente: Elaboración propia

| De Desafíos a Oportunidades: Conectando POV con <i>How Might We?</i> " | |
|---|---|
| Desafío identificado | Cómo podríamos (<i>How Might We?</i>) |
| Los estudiantes de 6 a 8 años necesitan una manera más atractiva y comprensible de aprender sobre reciclaje, que se alinee con su nivel de desarrollo y sus intereses | ¿Cómo podríamos diseñar actividades de aprendizaje sobre reciclaje que sean visualmente atractivas y adaptadas al desarrollo cognitivo de los estudiantes jóvenes? |
| Los estudiantes muestran curiosidad sobre temas de sostenibilidad y medio ambiente, pero carecen de una comprensión clara de cómo sus acciones impactan el planeta. | ¿Cómo podríamos crear experiencias educativas que conecten las acciones cotidianas de los estudiantes con sus efectos en el medio ambiente? |
| Los estudiantes están dispuestos a participar en actividades de reciclaje, pero no se sienten suficientemente motivados o informados sobre cómo hacerlo efectivamente. | ¿Cómo podríamos implementar programas de reciclaje en las escuelas que sean tanto informativos como motivadores para los estudiantes? |
| Los profesores requieren métodos más efectivos y recursos adecuados para enseñar sobre reciclaje, de manera que inspiren y motiven a los estudiantes, integrando estas lecciones en el currículo existente. | ¿Cómo podríamos proveer a los profesores con herramientas y recursos que faciliten la integración del reciclaje en el currículo escolar de manera inspiradora? |
| Es necesario desarrollar materiales didácticos y actividades prácticas que hagan el proceso de aprendizaje sobre reciclaje interactivo, divertido y memorable para los estudiantes jóvenes. | ¿Cómo podríamos crear materiales didácticos y actividades prácticas sobre reciclaje que sean interactivas, divertidas y memorables para los estudiantes? |
| Los materiales educativos actuales no integran de manera efectiva la educación ambiental y el reciclaje en el currículo escolar. | ¿Cómo podríamos desarrollar materiales educativos que integren de manera efectiva la educación ambiental y el reciclaje en diferentes áreas del currículo escolar? |
| Falta de uso de tecnologías y medios digitales en la enseñanza del reciclaje y la sostenibilidad. | ¿Cómo podríamos incorporar tecnologías y medios digitales para mejorar la enseñanza del reciclaje y la sostenibilidad en las escuelas? |
| Se necesita fomentar una mayor colaboración y participación de los padres y la comunidad local en las iniciativas de educación ambiental y reciclaje en las escuelas. | ¿Cómo podríamos incentivar la colaboración y participación activa de los padres y la comunidad local en las iniciativas escolares de educación ambiental y reciclaje? |

En la Tabla 15 se muestra la generación de ideas a partir de cada pregunta "*How Might We?*", se utilizó la técnica de lluvia de ideas para generar estas propuestas. Este método permitió explorar posibles soluciones, ofreciendo un panorama detallado de cómo cada oportunidad de diseño podría materializarse en acciones específicas.

Tabla 15 Generación de Ideas: De Preguntas a Soluciones

Fuente: Elaboración Propia

| Generación de Ideas: De Preguntas a Soluciones | |
|---|--|
| Cómo podríamos (<i>How Might We?</i>) | Ideas Asociadas para Evaluar |
| ¿Cómo podríamos diseñar actividades de aprendizaje sobre reciclaje que sean visualmente atractivas y adaptadas al desarrollo cognitivo de los estudiantes jóvenes? | a) Aplicaciones educativas interactivas con animaciones y juegos. b) Talleres de arte utilizando materiales reciclables. c) Historietas y cuentos ilustrados sobre reciclaje. |
| ¿Cómo podríamos crear experiencias educativas que conecten las acciones cotidianas de los estudiantes con sus efectos en el medio ambiente? | d) Proyectos de ciencia práctica sobre el impacto ambiental. e) Excursiones educativas a centros de reciclaje. |
| ¿Cómo podríamos implementar programas de reciclaje en las escuelas que sean tanto informativos como motivadores para los estudiantes? | f) Competencias de reciclaje entre clases. g) Sistemas de recompensas por reciclar. h) Charlas y demostraciones por expertos en reciclaje. |
| ¿Cómo podríamos proveer a los profesores con herramientas y recursos que faciliten la integración del reciclaje en el currículo escolar de manera inspiradora? | i) Kits de enseñanza con recursos y guías sobre reciclaje. j) Formación docente en educación ambiental. k) Integración de temas de reciclaje en libros de texto. |
| ¿Cómo podríamos crear materiales didácticos y actividades prácticas sobre reciclaje que sean interactivas, divertidas y memorables para los estudiantes? | l) Juegos educativos online sobre reciclaje. m) Talleres prácticos de reciclaje y reutilización. |
| ¿Cómo podríamos desarrollar materiales educativos que integren de manera efectiva la educación ambiental y el reciclaje en diferentes áreas del currículo escolar? | n) Actividades interdisciplinarias que incluyan reciclaje. o) Proyectos de colaboración entre distintas asignaturas. |
| ¿Cómo podríamos incorporar tecnologías y medios digitales para mejorar la enseñanza del reciclaje y la sostenibilidad en las escuelas? | p) Realidad aumentada para enseñar sobre impacto ambiental. q) Plataformas online para seguimiento de proyectos de reciclaje. r) Videos y documentales educativos en el aula. |
| ¿Cómo podríamos incentivar la colaboración y participación activa de los padres y la comunidad local en las iniciativas escolares de educación ambiental y reciclaje? | s) Programas de voluntariado para padres en actividades de reciclaje. t) Eventos comunitarios de concienciación ambiental. u) Colaboraciones con negocios locales para proyectos de reciclaje. |

A partir de lo anterior se estructuro una matriz de priorización la cual es una herramienta de toma de decisiones que permite evaluar y clasificar diferentes opciones basándose en criterios específicos como el impacto y la factibilidad. Según Tague, "una matriz de priorización es un método estructurado para ayudar a decidir entre diferentes opciones, basado en criterios previamente definidos" (Tague, 2005).

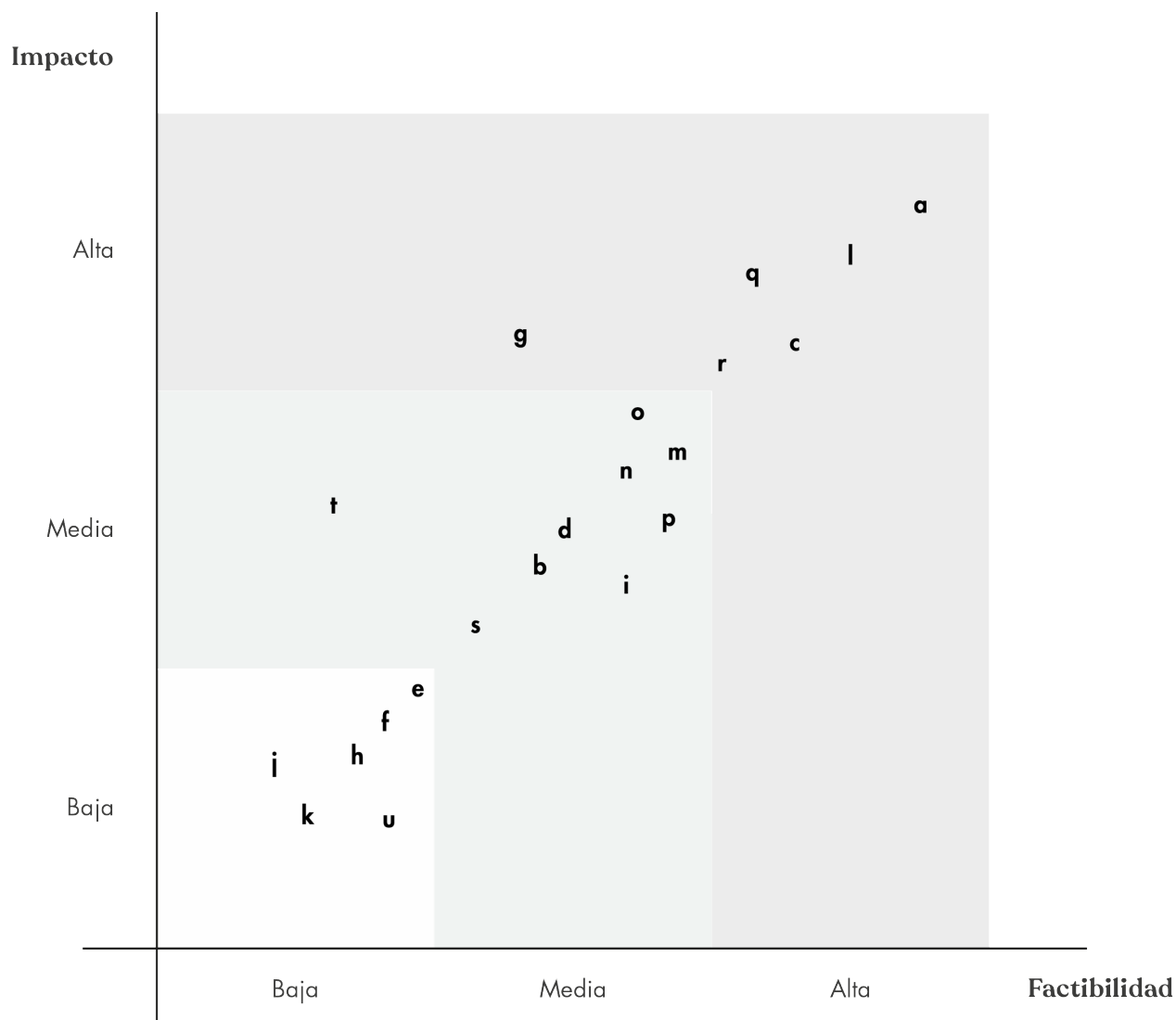
En la imagen de la Figura 9 se plasman las respuestas "Ideas Asociadas para Evaluar" obtenidas a partir de las preguntas "Cómo podríamos". Estas ideas fueron evaluadas bajo dos parámetros fundamentales: impacto potencial en los usuarios (niños de seis a ocho años) y factibilidad de implementación (escuelas

primarias públicas). Cada parámetro se clasificó en un rango de bajo, medio y alto, lo cual se refleja en el eje vertical y horizontal de la matriz, respectivamente. El impacto potencial se refiere a la capacidad de cada idea para mejorar la experiencia educativa y fomentar el aprendizaje sobre reciclaje en los niños. Un alto impacto significa que la idea tiene el potencial de producir cambios significativos y positivos en el comportamiento y la comprensión de los estudiantes respecto al reciclaje. La factibilidad de implementación evalúa cuán fácil o difícil sería poner en práctica cada idea dentro del contexto de las escuelas primarias públicas. Un alto nivel de factibilidad indica que la idea puede ser implementada con relativa facilidad, utilizando los recursos disponibles y sin enfrentar grandes barreras logísticas o financieras.

Al combinar estos dos parámetros, la matriz de priorización permite visualizar cuáles ideas son no solo creativas y efectivas, sino también viables para ser llevadas a cabo en la práctica. Las ideas situadas en la zona superior derecha de la matriz (alto impacto y alta factibilidad) son las más prometedoras, mientras que aquellas en la zona inferior izquierda (bajo impacto y baja factibilidad) son menos prioritarias.

Tras la exploración de ideas en la tabla "Cómo podríamos" y "Ideas Asociadas para Evaluar", la Matriz de Priorización resultó ser una herramienta esencial al proporcionar un análisis estructurado, se identificaron las soluciones más prometedoras y viables, asegurando que el equipo se enfocara en las ideas con mayor potencial para generar resultados positivos y sostenibles.

Los resultados obtenidos a partir de esta evaluación destacaron aquellas propuestas que no solo eran innovadoras y creativas, sino también prácticas y aplicables dentro del contexto de las escuelas primarias públicas. Este paso crítico aseguró que los recursos y esfuerzos del equipo se destinaran a las soluciones más efectivas, incrementando la probabilidad de éxito en la fase de desarrollo y prototipado.



- a** .- Aplicaciones educativas interactivas con animaciones y juegos.
- b** .- Talleres de arte utilizando materiales reciclables.
- c** .- Historietas y cuentos ilustrados sobre reciclaje.
- d** .- Proyectos de ciencia práctica sobre el impacto ambiental.
- e** .- Excursiones educativas a centros de reciclaje.
- f** .- Competencias de reciclaje entre clases.
- g** .- Sistemas de recompensas por reciclar.
- h** .- Charlas y demostraciones por expertos en reciclaje.
- i** .- Kits de enseñanza con recursos y guías sobre reciclaje.
- j** .- Formación docente en educación ambiental.
- k** .- Integración de temas de reciclaje en libros de texto.

- l** .- Juegos educativos online sobre reciclaje.
- m** .- Talleres prácticos de reciclaje y reutilización.
- n** .- Actividades interdisciplinarias que incluyan reciclaje.
- o** .- Proyectos de colaboración entre distintas asignaturas.
- p** .- Realidad aumentada para enseñar sobre impacto ambiental.
- q** .- Plataformas online para seguimiento de proyectos de reciclaje.
- r** .- Videos y documentales educativos en el aula.
- s** .- Programas de voluntariado para padres en actividades de reciclaje.
- t** .- Eventos comunitarios de concienciación ambiental.
- u** .- Colaboraciones con negocios locales para proyectos de reciclaje.

Figura 9 Matriz de Priorización
Fuente: Elaboración Propia

Con las soluciones más prometedoras en mano, el enfoque se desplazó hacia la técnica de "Personas". Esta siguiente fase fue crucial para afinar las ideas seleccionadas y alinearlas aún más con las necesidades específicas de los usuarios finales. La creación de "Personas" permitió diseñar experiencias personalizadas, reforzando que las soluciones desarrolladas respondieran de manera efectiva a los perfiles y contextos de los estudiantes y docentes involucrados.

3.3.2. Generación de Personas

La técnica de "Personas" en diseño es una herramienta utilizada para crear representaciones detalladas y ficticias de diferentes tipos de usuarios que podrían interactuar con un servicio, producto, sitio o marca. Estas representaciones se basan en investigaciones y datos reales para reflejar las necesidades, experiencias, comportamientos y objetivos de los usuarios. Crear personas permite a los diseñadores entender mejor a sus usuarios y diseñar soluciones más alineadas con sus expectativas y necesidades.

Según el Interaction Design Foundation, "las personas son personajes ficticios que se crean a partir de la investigación para representar los diferentes tipos de usuarios que podrían utilizar su servicio, producto, sitio o marca de manera similar. Crear personas ayuda a entender las necesidades, experiencias, comportamientos y objetivos de sus usuarios".

El objetivo era crear perfiles representativos que reflejaran las necesidades, comportamientos y motivaciones de estos grupos. Esta técnica permitió al equipo de diseño desarrollar una comprensión profunda de los usuarios, lo que a su vez facilitó la creación de soluciones más personalizadas y efectivas. Al utilizar personas, se pudieron identificar patrones comunes y excepciones significativas dentro de los grupos objetivo, lo que ayudó a priorizar características y funcionalidades en el diseño de la solución.

La importancia de utilizar la técnica de personas radicó en su capacidad para humanizar los datos, convirtiendo estadísticas y observaciones en historias vivas que ilustraban cómo los usuarios reales interactuarían con las soluciones propuestas. Este enfoque ayudó a garantizar que las decisiones de diseño no solo se basaran en datos abstractos, sino también en un entendimiento emocional y práctico de los usuarios. Como resultado, las soluciones diseñadas fueron más alineadas con las expectativas y necesidades reales, mejorando así la adopción y efectividad de las intervenciones educativas sobre el reciclaje en las escuelas primarias.

En la Figura 10 se muestra el perfil de los usuarios primarios y secundarios que se tomaron en cuenta para desarrollar a las “Personas”

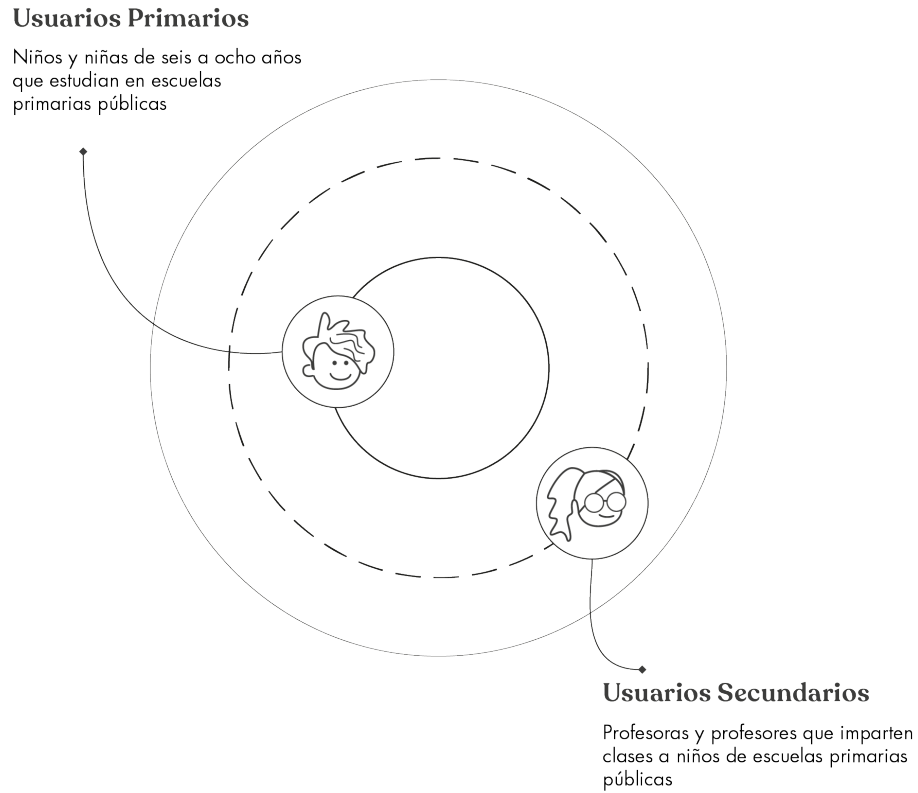


Figura 10 Diagrama de las Personas
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 11, se presenta el perfil de Andrés Hernández, una de las personas clave en el estudio. Esta figura detalla los aspectos fundamentales de su vida diaria, sus intereses, desafíos y motivaciones relacionadas con la educación ambiental y el reciclaje.

Andrés Hernández

“Me gusta jugar con mis amigos en la escuela y aprender cosas nuevas”

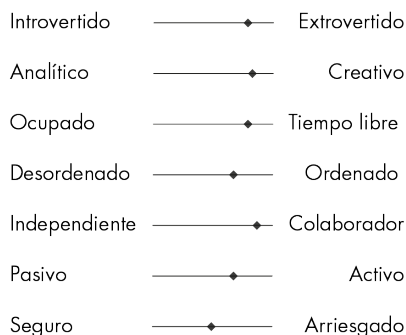


Datos

6 años
Estudiante de primer años de primaria
Oaxaca, México
Hombre

Andrés vive en un municipio de Oaxaca y es estudiante de primaria de primer grado, le gusta jugar en el recreo con sus amigos y compartir de su comida. Disfruta de juegos que impliquen movimiento y habilidad, como trepar o correr, pero también de juegos de mesa que tengan imágenes coloridas. A pesar de considerar la escuela como un excelente lugar para socializar, Andrés muestra menos entusiasmo por las actividades dentro del salón, prefiriendo la libertad y la interacción del patio escolar

Personalidad



Intereses

Disfruta de construir y crear con bloques y materiales, mostrando un gusto por la creatividad y el diseño.

Le atraen las actividades al aire libre que implican habilidades físicas, como trepar y correr.

Se interesa por juegos de mesa que incluyen imágenes coloridas y desafíos visuales.

Influencias

Andrés es influenciado por las interacciones y opiniones de sus amigos en la escuela.

El apoyo de su familia, especialmente en relación con su educación y actividades extracurriculares, son factores clave en su desarrollo

Metas

Andrés aspira a sentirse más cómodo y seguro en interacciones sociales, especialmente durante las actividades de grupo en la escuela.

Perfeccionar sus habilidades en actividades creativas, como construir o diseñar con distintos materiales.

Necesidades y expectativas

Actividades que estimulen la creatividad y el análisis, como juegos de mesa desafiantes y proyectos de construcción.

Oportunidades para la socialización y la interacción con compañeros en ambientes relajados.

Un entorno de aprendizaje que incorpore actividades físicas y lúdicas.

Motivaciones

Deseo de explorar y entender su mundo, especialmente a través de actividades que desafían su mente y habilidades físicas.

Aprobación y el reconocimiento de sus compañeros y profesores, lo que lo impulsa a participar y sobresalir en actividades grupales y proyectos creativos

Frustraciones

Andrés a menudo se siente limitado y frustrado en entornos altamente estructurados y reglamentados y la falta de tiempo para realizar actividades divertidas

Figura 11 Persona 1
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 12 muestra el desarrollo de la persona María García. En este perfil se ilustran sus atributos principales, incluyendo su comportamiento, necesidades y la manera en que se relaciona con el reciclaje y la educación ambiental.

María García

"Me interesa enseñarle a los niños sobre educación ambiental pero el tiempo es limitado y prefiero enfocarme en cubrir los principales temas del programa"



Datos

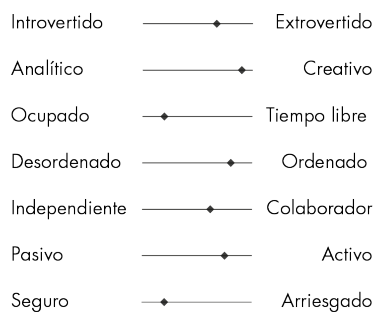
43 años
Profesora de primaria
Huajuapán de León, Oaxaca
Mujer
Soltera

María vive en la ciudad de Huajuapán de León Oaxaca y es profesora de nivel primaria, su formación como profesionista lo inició en la Normal Experimental de Oaxaca. Lleva 16 años de servicio y en los últimos años ha trabajado con niños de 6 a 7 años.

María es madre soltera y divide su tiempo entre su trabajo y sus 2 hijos por lo que le queda poco tiempo para realizar actividades recreativas.

María considera que en ocasiones su labor es estresante ya que tiene a cargo a grupos de entre 25 y 30 niños.

Personalidad



Intereses

Optimizar el tiempo y mejorar el desempeño de los alumnos.

Tener material disponible para realizar actividades.

Apoyarse de material didáctico para acaparar el interés de los niños.

Influencias

Ver canales de Youtube para tener ideas sobre actividades pedagógicas

Metas

Que los niños aprendan a leer y escribir el primer ciclo escolar.

Que los niños aprendan las reglas del salón

Enseñar todos los temas que el programa de la SEP proporciona

Necesidades y expectativas

Material didáctico que apoye algunos temas.

Mayor involucramiento por parte de padres.

Mejorar la percepción sobre respeto y valores en los niños

Motivaciones

El entusiasmo de los niños con temas nuevos.

Mejorar su desempeño en la escuela.

Respaldo de los alumnos y profesores como maestra

Frustraciones

Falta de interés por la dirección y compañeros de la escuela.

Falta de colaboración por los padres de familia.

Recursos limitados.

Figura 12 Persona 2
Fuente: Elaboración Propia

La aplicación de la técnica de "Personas" permitió desarrollar una comprensión profunda y empática de los usuarios finales, específicamente los niños de seis a ocho años y sus profesores en escuelas primarias de la Ciudad de Huajuapán. A través de perfiles detallados y fundamentados en datos reales, se identificaron patrones de comportamiento, necesidades y motivaciones clave que guiarían el diseño de soluciones efectivas y alineadas con las expectativas de los usuarios. Con los perfiles de "Personas" definidos, el siguiente paso fue aplicar esta información utilizando la herramienta *Customer Journey Map*.

3.3.3. *Customer Journey Map*

Según Kim Goodwin en "*Designing for the Digital Age*", el *Customer Journey Map* es una herramienta esencial para visualizar la experiencia del usuario en su totalidad, revelando no solo sus acciones, sino también sus emociones y motivaciones (Goodwin, 2009). La implementación de esta herramienta en el proyecto proporcionó una visión valiosa de los momentos críticos y las oportunidades de mejora en la educación ambiental.

El *Customer Journey Map*, o "Mapa del recorrido del cliente", explora la experiencia completa del usuario en determinadas acciones a lo largo de una actividad o tema en particular. Este enfoque busca entender profundamente cómo los usuarios interactúan con estos temas en su vida cotidiana. En este caso, se utilizó la Persona del Usuario Primario para establecer un recorrido relacionado al contexto real, identificando los momentos cruciales donde podría aprender sobre educación ambiental.

El objetivo principal de utilizar el *Customer Journey Map* fue capturar una visión integral del recorrido del usuario, destacando los puntos de contacto, las emociones y las motivaciones en cada etapa. Esta herramienta permitió identificar áreas de oportunidades para intervenir de manera efectiva, asegurando que las soluciones diseñadas fueran relevantes y alineadas con las necesidades y expectativas de los usuarios.

En la Figura 13 del *Customer Journey Map* de "Andrés Hernández", se tomaron en cuenta aspectos cruciales como las Fases del Día, Puntos de Contacto, y Emociones/Comportamientos para ofrecer una visión completa de la experiencia diaria del usuario relacionada con la educación ambiental y el reciclaje. La inclusión de emociones y comportamientos como "Animado", "Curioso", e "Indiferente", junto con sugerencias de Mejora con un Enfoque Didáctico, es esencial para entender cómo Andrés interactúa con estos temas y cómo se pueden mejorar estas interacciones. Este análisis detallado ayuda a identificar oportunidades específicas para implementar estrategias educativas más atractivas y efectivas.

En la Figura 13 del *Customer Journey Map* de "Andrés Hernández", se tomaron en cuenta aspectos cruciales como las Fases del Día, Puntos de Contacto, y Emociones/Comportamientos para ofrecer una visión completa de la experiencia diaria del usuario relacionada con la educación ambiental y el reciclaje. Esta herramienta visual permitió mapear detalladamente cómo Andrés interactuaba con estos temas a lo largo de su jornada.

Las Fases del Día incluyeron momentos clave como la lección sobre medio ambiente, el consumo de alimentos y manejo de basura, y el juego y manejo de residuos en el patio. Cada una de estas fases representó puntos de contacto importantes donde Andrés tuvo interacciones significativas con la educación ambiental y el reciclaje.

Las Emociones y Comportamientos se representaron a lo largo del mapa para capturar cómo Andrés se sentía en diferentes momentos del día. Estados como "Animado", "Curioso" e "Indiferente" fueron cruciales para entender su experiencia emocional y comportamental, proporcionando información valiosa sobre cómo ajustar y mejorar las estrategias educativas.

Además, se incluyeron sugerencias de Mejora con un Enfoque Didáctico, tales como integrar prácticas de reciclaje en experimentos, juegos didácticos sobre reciclaje y actividades de grupo para promover el reciclaje. Estas recomendaciones se alinearon con las fases del día y los puntos de contacto, ofreciendo estrategias específicas para hacer la educación ambiental más atractiva y efectiva para Andrés.

Este análisis detallado ayudó a identificar oportunidades específicas para implementar estrategias educativas más atractivas y efectivas, asegurando que las intervenciones propuestas no solo se alinearan con las necesidades de Andrés, sino que también maximizaran su impacto positivo.

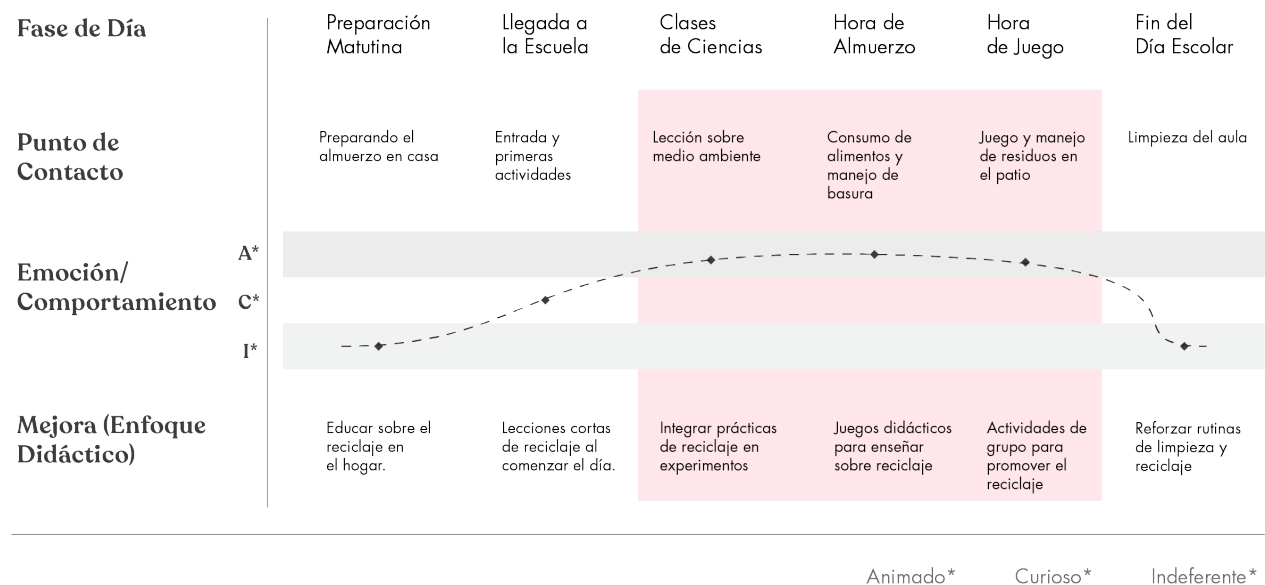


Figura 13 *Customer Journey Map*
Fuente: Elaboración Propia

En el diagrama se revela que los momentos más propicios para fomentar el reciclaje coinciden con las fases en que Andrés está más animado: durante las Clases de Ciencias, la Hora de Almuerzo y la Hora de Juego. Se identificó que estas fases son óptimas para intervenir con actividades didácticas específicas: integración de prácticas de reciclaje en experimentos científicos, implementación de juegos didácticos que inculquen la importancia del reciclaje y la ejecución de actividades grupales para promover la conciencia sobre el reciclaje.

La evaluación detallada proporcionada por el *Customer Journey Map* de "Andrés Hernández" reveló momentos específicos durante su día escolar donde las intervenciones educativas podrían tener un impacto significativo en su comportamiento de reciclaje. Al correlacionar estos momentos con las soluciones identificadas en la Matriz de Priorización, las actividades que obtuvieron una alta calificación en viabilidad y factibilidad, como aplicaciones educativas interactivas y juegos online sobre reciclaje, se presentaron como opciones estratégicas. Estas herramientas digitales, junto con recursos educativos como videos, documentales y materiales de lectura ilustrados, se perfilan como recursos clave para capitalizar la disposición entusiasta de los estudiantes y fortalecer su educación ambiental de manera atractiva y efectiva.

La Figura 14 muestra una Matriz de Priorización para evaluar estrategias didácticas durante diferentes fases del día escolar de un estudiante. Cada burbuja representa una solución específica, con su tamaño indicando el grado de impacto percibido y su posición en el gráfico reflejando la viabilidad y la factibilidad.

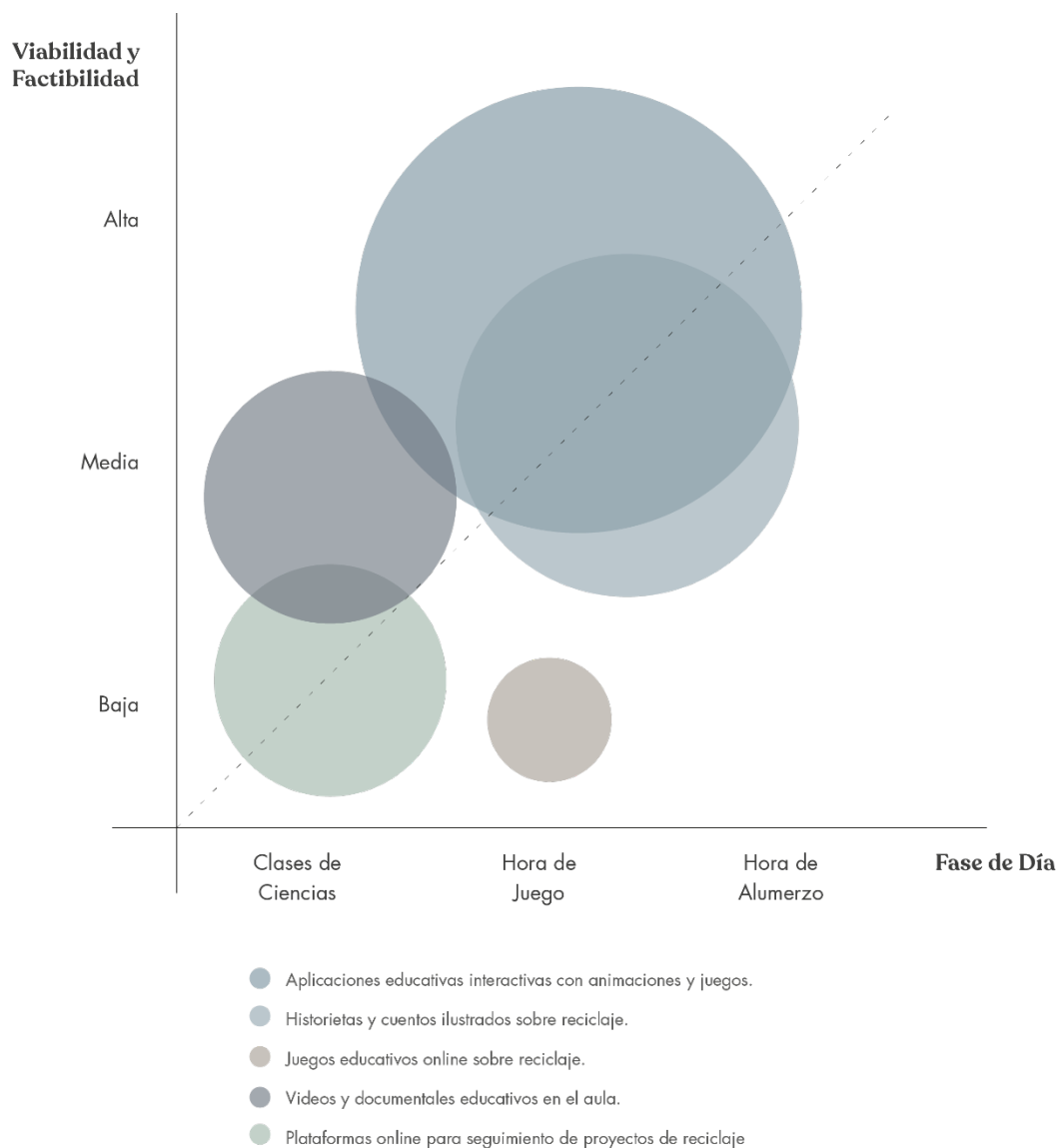


Figura 14 Gráfico Burbuja

Fuente: Elaboración Propia

Se observa una concentración de iniciativas de alto impacto durante la Hora de Juego y la Clase de Ciencias, sugiriendo que estos son momentos óptimos para captar la atención de los estudiantes con actividades interactivas y juegos en línea. Aplicaciones educativas interactivas, historietas y cuentos ilustrados sobre reciclaje, juegos educativos online sobre reciclaje, y videos y documentales educativos en el aula se destacan como estrategias clave en estos momentos.

Al integrar ambas técnicas, se facilitó la identificación y visualización de soluciones efectivas que respondieran directamente a los momentos clave en la experiencia educativa de los estudiantes. Este enfoque combinado aseguró una comprensión más rica y matizada que soporta el diseño de intervenciones didácticas, alineadas con los puntos más impactantes y receptivos del día escolar.

Esta herramienta permitió una comprensión integral y detallada de las interacciones de los estudiantes con las actividades de reciclaje a lo largo de su jornada escolar. Al identificar momentos clave y correlacionarlos con estrategias didácticas de alto impacto y viabilidad, se establecieron líneas de diseño para soluciones implementables y relevantes. Esto maximiza el impacto positivo en la educación ambiental de los estudiantes, asegurando que las intervenciones sean efectivas y adecuadas a sus necesidades y comportamientos.

3.4. Conclusión

En el Capítulo III, la etapa de análisis de contexto fue rigurosamente desarrollada mediante técnicas como el estudio contextual, entrevistas con expertos y grupos focales. Estos métodos permitieron una inmersión profunda en el ambiente educativo y las percepciones sobre el reciclaje, capturando una variedad de perspectivas valiosas. Posteriormente, para el procesamiento de esta información, se emplearon herramientas como el *Point of View* y la Matriz de Priorización, que ayudaron a sintetizar y evaluar la información recopilada. La creación de "Personas" aportó un entendimiento más fino de los usuarios, mientras que el "*Customer Journey Map*" articuló la experiencia del usuario a lo largo de diversos puntos de contacto, revelando oportunidades de mejora en la educación ambiental. Estos enfoques integrados proporcionaron una base sólida para avanzar hacia la etapa de ideación, asegurando que las soluciones emergentes fueran pertinentes y efectivas.

Las técnicas empleadas proporcionaron un marco detallado que benefició al proyecto al asegurar que las soluciones propuestas fueran relevantes y resonaran con los usuarios. Como resultado, se obtuvieron insights valiosos que informaron el diseño de intervenciones educativas, elevando la calidad y pertinencia del contenido didáctico.

Los próximos pasos incluyen la fase de Ideación, donde se generará un conjunto de soluciones creativas basadas en los hallazgos, seguido de Prototipado y Pruebas, donde estas ideas se materializarán y evaluarán en contextos reales. Este proceso cíclico e iterativo asegura un diseño que no solo responde a las necesidades actuales, sino que también tiene la flexibilidad de adaptarse a las futuras.

4. Capítulo IV | Moldeando Ideas: El Viaje desde la Ideación hasta el Prototipo

En el capítulo anterior, se exploró el contexto de los usuarios, enfocándonos particularmente en los niños de Huajuapán de León, para comprender sus necesidades en educación ambiental. Este capítulo tiene como objetivo presentar el proceso desde la concepción de las ideas hasta su desarrollo en prototipos concretos, siguiendo las etapas de ideación, selección y prototipado propias de la metodología de *Design Thinking*. Durante la fase de ideación, se emplearon técnicas como el brainstorming y la utilización de gráficos radiales para la priorización de ideas, permitiendo una comparación efectiva de las fortalezas y debilidades de las distintas propuestas, así como la identificación de patrones y tendencias que orientan los ajustes y refinamientos necesarios. Para la evaluación y refinamiento de las ideas generadas, se implementó el método SCAMPER. Esta técnica creativa facilita la exploración sistemática de las posibilidades de mejora y adaptación de las ideas a través de preguntas específicas que abordan Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Poner en otros usos, Eliminar y Reordenar, asegurando una revisión exhaustiva de cada concepto.

4.1. Desarrollo de *Brainstorming* para la Etapa de Ideación

Según Brown y Wyatt en su artículo "*Design Thinking for Social Innovation*", el *brainstorming* es esencial para generar un flujo libre de ideas, permitiendo que los innovadores den un paso atrás y encuentren perspectivas completamente diferentes" (Brown & Wyatt, 2010). Este enfoque es especialmente pertinente para el proyecto, cuyo objetivo es desarrollar una aplicación educativa interactiva que captive la imaginación y el entusiasmo por el aprendizaje en niños de educación primaria. La Figura 15 titulada "Convergencia Creativa: Las Mejores Ideas para el *Brainstorming* en Educación Ambiental" muestra la intersección de las tres ideas mejor evaluadas en el apartado 3.2.3. y con las que se trabajaran en este apartado.

Convergencia Creativa: Las Mejores Ideas para el Brainstorming en Educación Ambiental

El diagrama visualiza las tres ideas principales que fueron altamente valoradas y seleccionadas para un proceso detallado de Brainstorming

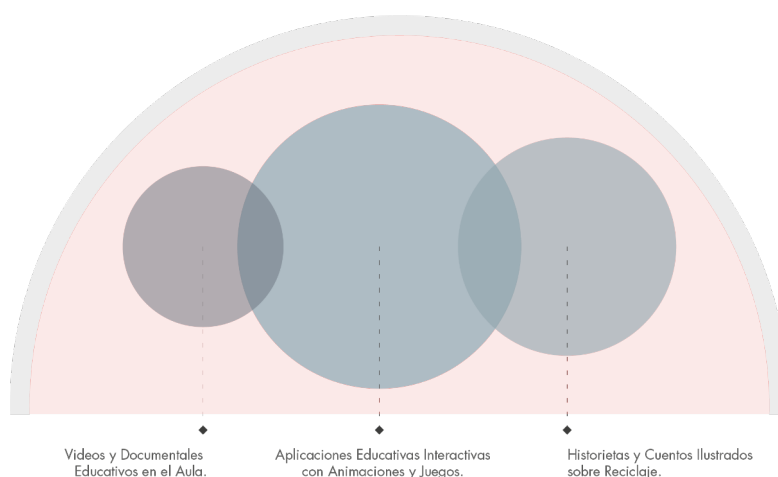


Figura 15 Diagrama de Convergencia Creativa
Fuente: Elaboración Propia

Para iniciar la fase de ideación se empleó la técnica *brainstorming* partiendo de cada idea mostrada en el gráfico anterior, para enriquecer las posibles soluciones y plasmar esta técnica se utilizó un diagrama de árbol como se puede visualizar en las Figuras 16,18 y 20, colocando la idea principal en un nodo superior, de la cual se desprenden diversas ideas secundarias. La estructura ramificada ilustra cómo se expanden los conceptos a partir de la idea principal, además la conexión entre las ideas secundarias mejor ponderadas muestra la viabilidad entre ellas.

Como parte de la metodología es importante evaluar de manera constante las ideas por lo que en las Figuras 17,19 y 21 se muestra un gráfico radial donde se evalúan las ideas mejor evaluadas en cada árbol de ideas, cada idea es representada de un color la cual se evalúan con cada uno de los 10 vértices: Escalabilidad, Viabilidad Técnica, Impacto Educativo, Enganche del Usuario, Costo-Efectividad, Facilidad de Implementación, Sostenibilidad a Largo Plazo, Originalidad, Interactividad y Compatibilidad.

Estos gráficos son herramientas valiosas para comparar, de manera objetiva, las fortalezas y debilidades de cada idea, facilitando una comprensión detallada de sus interrelaciones y atributos.

Brainstorming de la idea: Aplicaciones Educativas Interactivas con Animaciones y Juegos

El brainstorming para la idea de "Aplicaciones Educativas Interactivas con Animaciones y Juegos" generó una variedad de conceptos centrados en el aprendizaje interactivo sobre reciclaje para niños.]

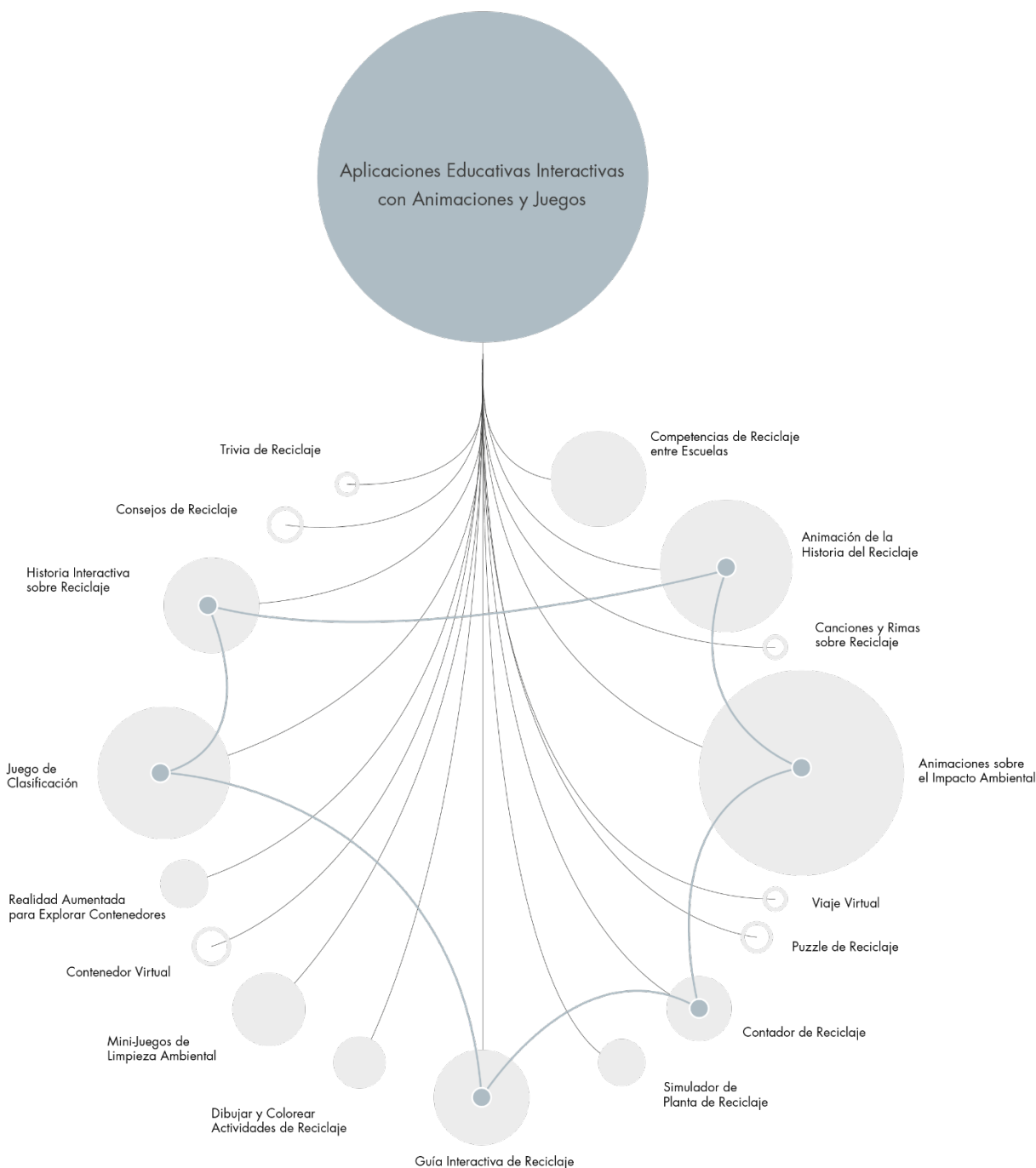


Figura 16 Árbol de Exploración de Ideas de: Aplicaciones Educativas
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama Radial: Aplicaciones Educativas Interactivas con Animaciones y Juegos

El gráfico de radar despliega una comparativa detallada de seis ideas distintas, cada una asignada a un color único para facilitar su identificación. Los vértices del gráfico representan distintos criterios de evaluación.

- Historia Interactiva sobre Reciclaje
- Animación de la Historia del Reciclaje
- Juego de Clasificación
- Animaciones sobre el Impacto Ambiental
- Guía Interactiva de Reciclaje
- Contador de Reciclaje

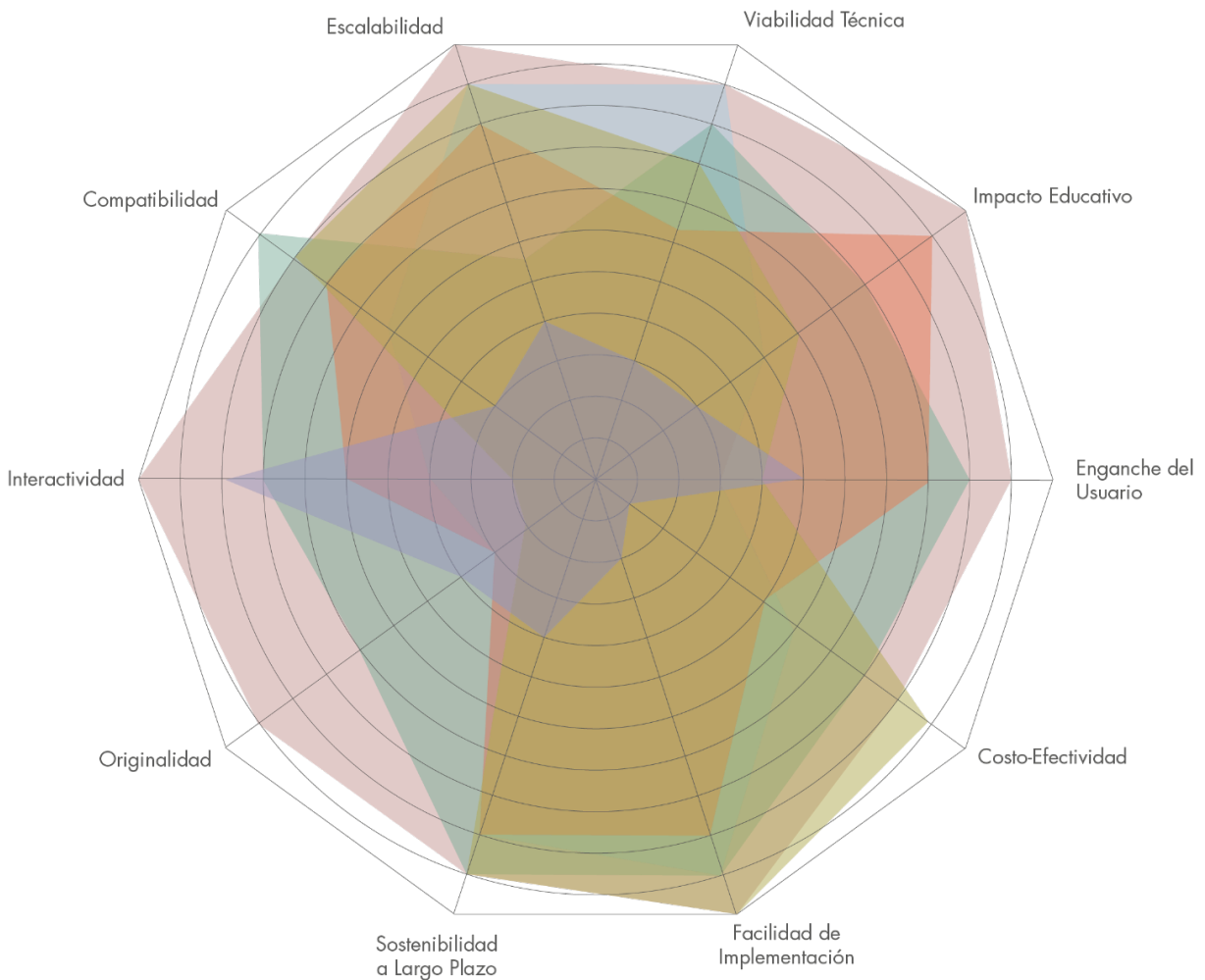


Figura 17 Diagrama Radial de las Ideas para: Aplicaciones Educativas
Fuente: Elaboración Propia

Brainstorming de la idea: Historietas y Cuentos Ilustrados sobre Reciclaje

Este gráfico muestra un nodo central de 'Historietas y Cuentos Ilustrados sobre Reciclaje'. Esta representación gráfica es efectiva para la toma de decisiones ya que permite identificar y comparar rápidamente las opciones, mostrando las relaciones entre ellas y ayudando a discernir cuáles tienen mayor potencial.

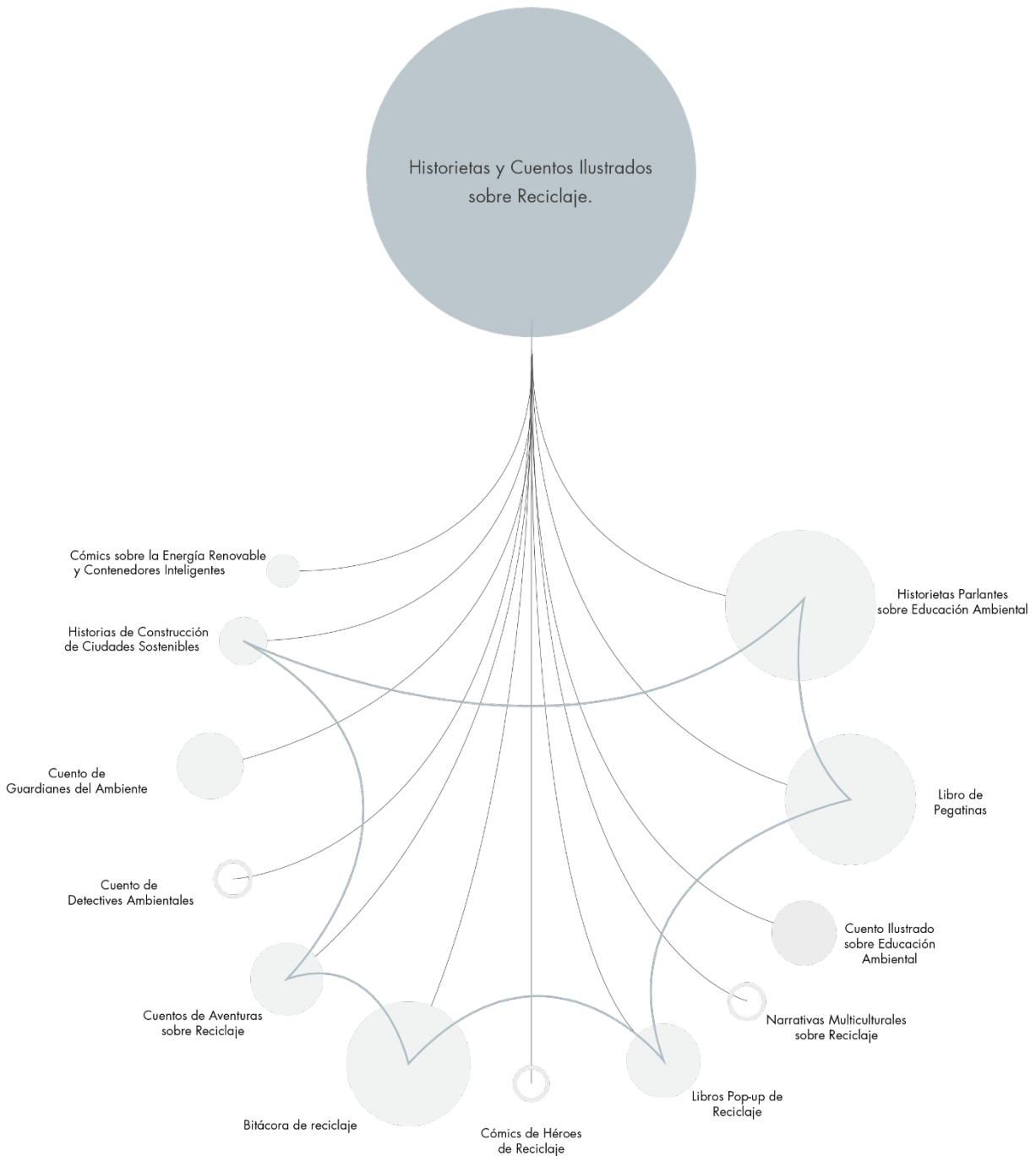


Figura 18 Árbol de Exploración de Ideas de: Historietas y Cuentos Ilustrados sobre Reciclaje
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama Radial: Historietas y Cuentos Ilustrados sobre Reciclaje

El gráfico de radar despliega una comparativa detallada de seis ideas distintas, cada una asignada a un color único para facilitar su identificación. Los vértices del gráfico representan distintos criterios de evaluación.

- Historietas Parlantes sobre Educación Ambiental
- Libro de Pegatinas
- Bitácora de reciclaje
- Libros Pop-up de Reciclaje
- Cuentos de Aventuras sobre Reciclaje
- Historias de Construcción de Ciudades Sostenibles



Figura 19 Diagrama Radial de las Ideas para: Historietas y Cuentos Ilustrados sobre Reciclaje
Fuente: Elaboración Propia

Brainstorming de la idea: Videos y Documentales Creativos en el Aula

La estructura de este gráfico refleja el proceso creativo alrededor de "Videos y Documentales Creativos en el Aula", facilitando la toma de decisiones educativas. La disposición de los nodos, emanando de la idea central, ayuda a evaluar visualmente las propuestas y su interconexión, lo que es crucial para identificar las más prometedoras.

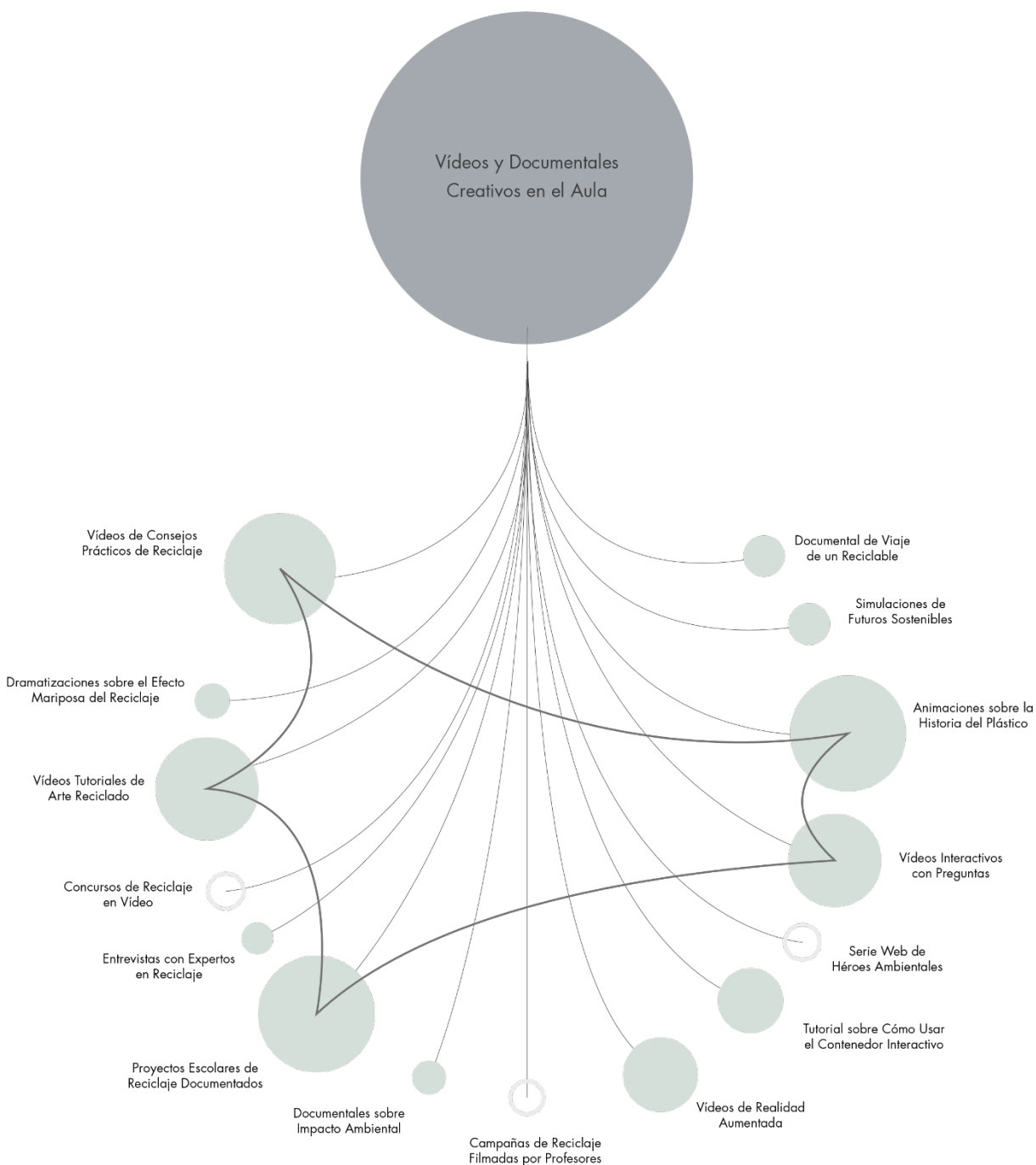


Figura 20 Árbol de Exploración de Ideas de: Videos y Documentales Creativos en el Aula
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama Radial: Vídeos y Documentales Creativos en el Aula

El gráfico de radar despliega una comparativa detallada de cinco ideas distintas, cada una asignada a un color único para facilitar su identificación. Los vértices del gráfico representan distintos criterios de evaluación.

- Animaciones sobre la Historia del Plástico
- Vídeos Interactivos con Preguntas
- Proyectos Escolares de Reciclaje Documentados
- Vídeos Tutoriales de Arte Reciclado
- Vídeos de Consejos Prácticos de Reciclaje

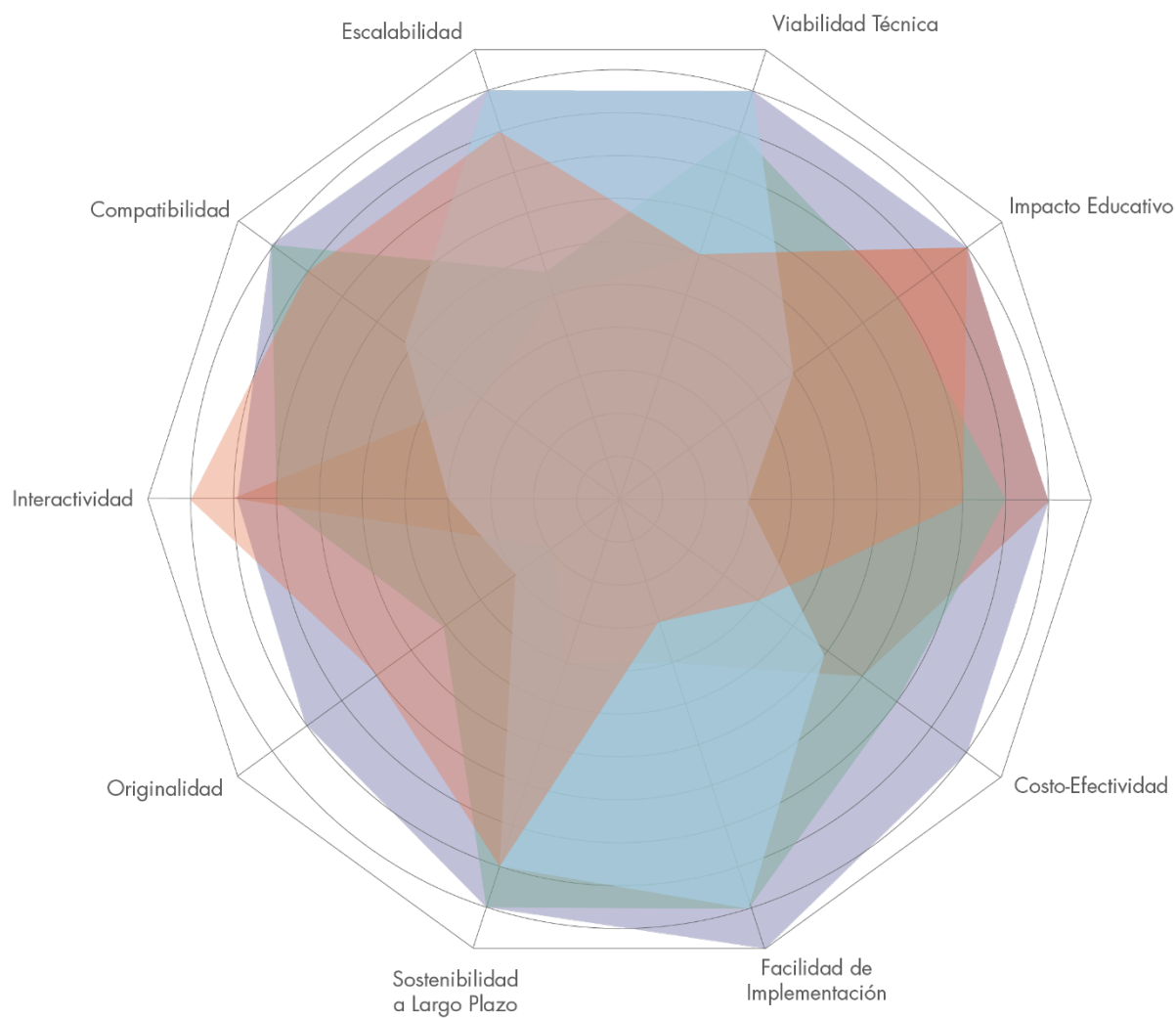


Figura 21 Diagrama Radial de las Ideas para: Vídeos y Documentales Creativos en el Aula
Fuente: Elaboración Propia

El proceso de refinamiento es clave para asegurar que las soluciones propuestas se alineen estrechamente con las expectativas y necesidades de los usuarios. Este paso decisivo mejora la calidad y la relevancia de las ideas, incrementando la eficacia y la eficiencia de las propuestas. Al realizar este refinamiento, se mitigan los riesgos identificando problemas potenciales antes de la creación de prototipos avanzados, lo que puede resultar en un uso más eficiente de los recursos. La Figura 22 refleja este proceso meticuloso, demostrando cómo una metodología que integra la generación de ideas con la evaluación por medio de un diagrama radial puede conducir a soluciones que resuenan con los usuarios objetivo y satisfacen sus necesidades específicas. Este enfoque no solo valida la pertinencia de las ideas, sino que también perfecciona la solución final para garantizar un impacto positivo en la audiencia objetivo.

El próximo paso es evaluar las ideas derivadas del proceso creativo para identificar mejoras y considerar su fusión en una solución cohesiva. Se buscará agrupar las ideas, examinando cómo pueden complementarse para presentar una propuesta integrada y sólida.

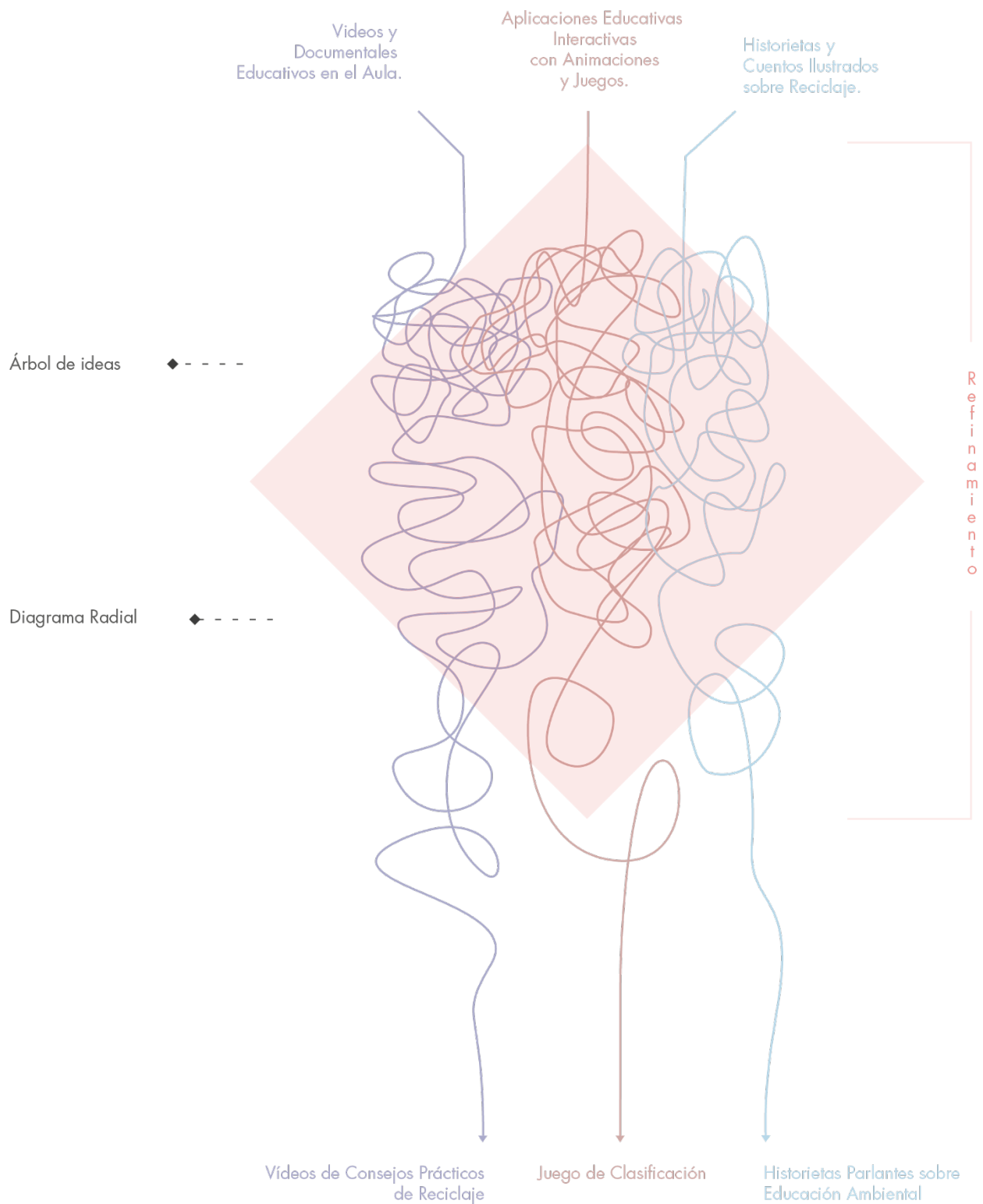


Figura 22 Evolución Conceptual
Fuente: Elaboración Propia

4.1.1. Integración Creativa a Través de *Design Workshop*

De acuerdo con Martin & Hanington (2012), los *Design Workshops* son una modalidad de diseño participativo que consolidan métodos de co-diseño creativo en sesiones organizadas. Estas sesiones permiten que varios participantes colaboren directamente con miembros del equipo de diseño, así, se fomenta la inclusión de diversas perspectivas y habilidades en el proceso de diseño, impulsando la generación de soluciones adaptadas a las necesidades reales de los usuarios. En el recorrido de este proyecto, se destaca la importancia de la colaboración y la creatividad colectiva. En este apartado se desarrolla un Taller de Diseño (*Design Workshop*) que sirve como herramienta para coordinar y convertir ideas en prototipos funcionales, diseñados para abordar eficientemente desafíos complejos. El objetivo del *Design Workshop* fue integrar las ideas: Vídeos de Consejos Prácticos de Reciclaje, Juego de Clasificación, Historietas Parlantes sobre Educación ambiental; que se han obtenido durante la exploración y proponer una solución unificada que responda de manera integral a las necesidades identificadas en la investigación.

El taller se implementó en el UsaLab Laboratorio de Usabilidad UTM y participaron tres expertos en la materia de Interacción Humano Computadora, durante el taller, se emplearon sesiones de brainstorming estructurado y sesiones de crítica constructiva para explorar y refinar las ideas propuestas por los participantes. Después se realizó una clasificación de los conceptos arrojados en el taller y que se adecuaban a los requerimientos del proyecto lo cual se visualiza en la Figura 23, que refleja el resultado conceptual de la implantación del *Design Workshop*, ilustrando cómo tres ideas distintas convergen en un nuevo concepto, el cual deberá ser evaluado antes de realizar prototipos.

Videos de Consejos Prácticos de Reciclaje Juego de Clasificación Historietas Parlantes sobre Educación Ambiental



Contenedor **interactivo** equipado con **animaciones** instructivas proyectadas y asistencia **auditiva** para optimizar la clasificación de residuos

Figura 23 Resultados del *Design Workshop*

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Implementación de la Herramienta SCAMPER

SCAMPER es un método de generación de ideas que ayuda a mejorar productos y servicios existentes mediante siete tipos diferentes de preguntas: Sustituir (*Substitute*), Combinar (*Combine*), Adaptar (*Adapt*), Modificar (*Modify*), Proponer otros usos (*Put to another use*), Eliminar (*Eliminate*) y Reordenar (*Rearrange*). Esta técnica fomenta el pensamiento divergente y permite explorar múltiples posibilidades para innovar y mejorar las soluciones existentes.

En el proyecto, el método SCAMPER se aplicó para asegurar funcionalidad y practicidad. Esta herramienta permitió evaluar detalladamente las propuestas, identificando mejoras y oportunidades de innovación. Así, se evitó una visión abrumadora del proyecto como una unidad única, facilitando un enfoque más claro. A continuación, se mostrará una tabla con cada concepto SCAMPER.

La Tabla 16 muestra cómo el componente 'Sustituir' en SCAMPER enriquece el contenedor interactivo, mejorando su interactividad y funcionalidad mediante la integración de tecnología visual y materiales sostenibles.

Tabla 16 SCAMPER: Sustituir
Fuente: Elaboración Propia

| "Contenedor interactivo equipado con animaciones instructivas proyectadas y asistencia auditiva para optimizar la clasificación de residuos" | | |
|--|--|--|
| SCAMPER | Pregunta | Respuesta |
| Sustituir | ¿Qué componente actual del contenedor podría sustituirse para mejorar la interactividad? | <ul style="list-style-type: none"> • Infografías por carteles dinámicos • Botones físicos por interruptores táctiles básicos. • Iluminación estándar por tiras de LED • Componentes de metal por plásticos reciclados. • Sistema de sonido mono por altavoces pequeños de mayor eficiencia. |

La Tabla 17 muestra cómo integrar funciones adicionales y animaciones puede mejorar la experiencia del usuario en el contenedor interactivo. Se analizan propuestas como un contador digital, juegos educativos y sonidos para cada tipo de residuo, con el objetivo de hacer el sistema de clasificación más dinámico y educativo, fomentando la participación en el reciclaje.

Tabla 17 SCAMPER: Combinar
Fuente: Elaboración Propia

| "Contenedor interactivo equipado con animaciones instructivas proyectadas y asistencia auditiva para optimizar la clasificación de residuos" | | |
|--|--|---|
| SCAMPER | Pregunta | Respuesta |
| Combinar | ¿Qué otras funcionalidades se podrían combinar con las animaciones para enriquecer la experiencia? | <ul style="list-style-type: none"> • Un contador digital que muestra la cantidad de residuos clasificados correctamente. • Juegos sencillos de preguntas y respuestas sobre reciclaje proyectados en el contenedor. • Sonidos específicos para cada tipo de residuo, reforzando el aprendizaje auditivo. |

La Tabla 18 se centra en las posibles adaptaciones al contenedor interactivo para mejorar su accesibilidad y usabilidad. Las respuestas proponen modificaciones sensibles como botones de gran tamaño y con altos contrastes de color, ajustes en el volumen de la asistencia auditiva y el diseño de animaciones con colores vibrantes y patrones claros. Estas mejoras están pensadas para asegurar que el contenedor sea fácilmente utilizable por niños de distintas edades y capacidades.

Tabla 18 SCAMPER: Adaptar
Fuente: Elaboración Propia

| "Contenedor interactivo equipado con animaciones instructivas proyectadas y asistencia auditiva para optimizar la clasificación de residuos" | | |
|--|--|---|
| SCAMPER | Pregunta | Respuesta |
| Adaptar | ¿Cómo se podría adaptar el contenedor para hacerlo accesible a usuarios de todas las edades y capacidades? | <ul style="list-style-type: none"> • Implementar botones de gran tamaño y con contrastes de color para personas con dificultades visuales. • Ajustar el volumen de la asistencia auditiva para que sea claramente audible para usuarios con diferentes niveles de audición. • Diseñar las animaciones con colores vibrantes y patrones claros para ser fácilmente entendibles por usuarios con dificultades cognitivas. • Implementar botones de gran tamaño y con contrastes de color para personas con dificultades visuales. |

Las modificaciones de la Tabla 19 incluyen innovaciones para mejorar la experiencia de usuario con el contenedor interactivo. Estas mejoras, seleccionadas cuidadosamente, abarcan desde la simplificación de la interfaz hasta ajustes ergonómicos, asegurando funcionalidad y accesibilidad. Estas adaptaciones son esenciales en la fase de prototipado para probar estas ideas.

Tabla 19 SCAMPER: Modificar
Fuente: Elaboración Propia

| "Contenedor interactivo equipado con animaciones instructivas proyectadas y asistencia auditiva para optimizar la clasificación de residuos" | | |
|--|--|--|
| SCAMPER | Pregunta | Respuesta |
| Modificar | ¿Qué modificaciones mejorarían la usabilidad del contenedor interactivo? | <ul style="list-style-type: none"> • Simplificar la interfaz de usuario para hacerla más intuitiva, con iconos grandes y textos claros. • Incluir un botón de ayuda que, al presionarse, ofrezca instrucciones vocales detalladas sobre cómo usar el contenedor. • Mejorar la resistencia al agua y al polvo del contenedor para garantizar su funcionamiento en exteriores. • Ajustar la altura de las aberturas de clasificación para hacerlas accesibles a niños y personas de baja estatura. |

Abordando el potencial multifacético del contenedor interactivo, la Tabla 20 revela cómo su tecnología puede trascender la clasificación de residuos. Con propuestas como tutoriales de separación y

educación ambiental animada, se plantea un enfoque holístico que enriquece el aprendizaje y la conciencia ecológica.

Tabla 20 SCAMPER: Poner en otros usos
Fuente: Elaboración Propia

| "Contenedor interactivo equipado con animaciones instructivas proyectadas y asistencia auditiva para optimizar la clasificación de residuos" | | |
|--|---|--|
| SCAMPER | Pregunta | Respuesta |
| Poner en otros usos | ¿De qué otra manera podríamos utilizar las animaciones y la asistencia auditiva del contenedor? | <ul style="list-style-type: none"> • Tutoriales interactivos sobre cómo separar residuos difíciles, como electrónicos o baterías, con instrucciones claras proyectadas y narradas. • Historias cortas animadas sobre la vida útil de los materiales reciclados, ofreciendo educación ambiental de manera atractiva. • <i>Feedback</i> inmediato sobre errores comunes de clasificación, proporcionando consejos prácticos para mejorar con ejemplos visuales y auditivos. |

La Tabla 21 aborda la simplificación del contenedor interactivo mediante la eliminación de elementos no esenciales. Las medidas propuestas, como reducir la redundancia de los controles físicos y enfocar las instrucciones auditivas, apuntan a una experiencia de usuario más intuitiva y accesible. Estas simplificaciones son un paso adelante hacia una usabilidad mejorada y una interacción más fluida con el contenedor que se toman en cuenta para la siguiente etapa.

Tabla 21 SCAMPER: Eliminar
Fuente: Elaboración Propia

| "Contenedor interactivo equipado con animaciones instructivas proyectadas y asistencia auditiva para optimizar la clasificación de residuos" | | |
|--|---|--|
| SCAMPER | Pregunta | Respuesta |
| Eliminar | ¿Hay elementos del contenedor que se podrían eliminar para simplificar la experiencia de clasificación? | <ul style="list-style-type: none"> • Suprimir los botones físicos redundantes, utilizando únicamente interfaces táctiles o gestuales para la operación. • Remover las funcionalidades de asistencia auditiva menos utilizadas, concentrándose en instrucciones claras y concisas • Deshacerse de decoraciones exteriores no esenciales para enfocarse en la funcionalidad y accesibilidad del contenedor. |

La Tabla 22 presenta una secuencia optimizada para las animaciones en el contenedor interactivo, diseñada para guiar al usuario eficazmente a través del proceso de clasificación de residuos. Desde la bienvenida hasta el reconocimiento de acciones positivas, cada paso está pensado para facilitar el aprendizaje y promover hábitos sostenibles de reciclaje.

Tabla 22 SCAMPER: Reordenar
Fuente: Elaboración Propia

| "Contenedor interactivo equipado con animaciones instructivas proyectadas y asistencia auditiva para optimizar la clasificación de residuos" | | |
|--|--|---|
| SCAMPER | Pregunta | Respuesta |
| Reordenar | ¿En qué orden deberían presentarse las animaciones para maximizar la eficiencia en la clasificación? | <ul style="list-style-type: none"> • Iniciar con una animación de bienvenida que explique brevemente el propósito del contenedor y la importancia del reciclaje. • Seguir con animaciones específicas para cada tipo de residuo, presentándolas en orden de los más comúnmente mal clasificados a los menos • Mostrar animaciones que ilustren errores comunes de clasificación y cómo corregirlos, reforzando el aprendizaje. • Integrar una animación de retroalimentación después de cada clasificación correcta, ofreciendo un refuerzo positivo inmediato. • Concluir con una animación de agradecimiento que resuma la contribución del usuario al medio ambiente, incentivando la repetición del comportamiento positivo. |

En esta sección del proyecto, se destacó la implementación del método SCAMPER como una herramienta esencial para la validación y mejora del contenedor interactivo propuesto. La aplicación de SCAMPER permitió descomponer las ideas en componentes manejables, facilitando la identificación de áreas de mejora y oportunidades de posada. Cada componente de SCAMPER — Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Proponer otros usos, Eliminar y Reordenar— se aplicó meticulosamente para asegurar que las soluciones no solo fueran creativas, sino también prácticas y funcionales.

El resultado de esta aplicación fue la identificación de soluciones innovadoras y viables que están alineadas con las necesidades reales de los usuarios. Estas soluciones proporcionarán una base sólida para las siguientes etapas de ideación y prototipado, asegurando que las intervenciones educativas diseñadas sean efectivas y pertinentes.

4.1.3. Definiendo Tareas del Proyecto

En este apartado se detallarán las tareas y requerimientos de los usuarios, basados en la investigación previamente realizada y documentada. A través de un análisis meticuloso de las necesidades y comportamientos de los niños de seis a ocho años en la escuela primaria de Huajuapán de León, se han identificado y validado cinco tareas fundamentales que serán evaluadas en los prototipos desarrollados posteriormente.

En la Tabla 23 se establecen las tareas, la descripción y los requerimientos.

Tabla 23 Tareas Validadas para Evaluación en Prototipos
Fuente: Elaboración Propia

| Tareas Validadas para Evaluación en Prototipos | |
|--|--|
| El usuario desea clasificar algún tipo de basura (papel, plástico, orgánica) | Descripción: Esta tarea refleja la intención inicial del usuario de participar en el proceso de reciclaje. Es crucial que el sistema sea intuitivo y atractivo para motivar a los niños a querer clasificar la basura. |
| | Requerimientos: <ul style="list-style-type: none"> • El contenedor debe tener una interfaz que capte la atención del usuario y lo motive a participar. • Debe haber señales visuales y/o auditivas que indiquen claramente las diferentes categorías de basura. |
| El usuario selecciona la basura | Descripción: Una vez que el usuario ha decidido participar, debe ser capaz de seleccionar el tipo de basura que desea clasificar. Esta tarea implica una interacción directa con el contenedor. |
| | Requerimientos: <ul style="list-style-type: none"> • El contenedor debe proporcionar una forma clara y sencilla para que los usuarios seleccionen el tipo de basura. • La selección debe ser confirmada por el sistema a través de un feedback inmediato (visual, auditivo o ambos). |
| El usuario logra depositar la basura (cualquiera de los tres) | Descripción: Después de seleccionar el tipo de basura, el usuario debe depositarla en el compartimento correspondiente del contenedor. Esta tarea verifica la usabilidad y accesibilidad del contenedor. |
| | Requerimientos: <ul style="list-style-type: none"> • El contenedor debe tener compartimentos claramente marcados y accesibles para cada tipo de basura. • El sistema debe proporcionar una retroalimentación positiva al usuario al depositar correctamente la basura. |
| El usuario recibe retroalimentación sobre su acción | Descripción: Es esencial que los usuarios reciban una retroalimentación inmediata sobre su acción, lo cual refuerza el aprendizaje y la motivación. |
| | Requerimientos: <ul style="list-style-type: none"> • El contenedor debe emitir señales positivas cuando la basura se clasifica correctamente. • En caso de error, el sistema debe proporcionar una guía para corregir la acción de manera educativa y no punitiva |
| El usuario comprende la importancia del reciclaje | Descripción: A través de las interacciones con el contenedor, los usuarios deben aprender sobre la importancia del reciclaje y su impacto positivo en el medio ambiente. |
| | Requerimientos: <ul style="list-style-type: none"> • El contenedor debe incluir contenido multimedia educativo que explique los beneficios del reciclaje. • Las historias y gráficos utilizados deben ser apropiados para la edad y atractivos para mantener el interés de los niños. |

Estas tareas fueron validadas durante las etapas de empatizar y definir del proceso de *Design Thinking*. Se realizaron observaciones directas, entrevistas con profesores y *Focus Groups* con estudiantes para garantizar que las tareas sean relevantes y efectivas en el contexto educativo.

El desarrollo de estas tareas y su validación aseguran que el prototipo del contenedor interactivo será efectivo para educar y motivar a los niños de nivel primaria en Huajuapán de León a participar activamente en el reciclaje. La implementación de estas tareas en los prototipos permitirá una evaluación rigurosa de su funcionalidad y efectividad, asegurando que el producto final cumpla con los objetivos establecidos.

4.2. Modelando Ideas

Tras la fase de ideación, en la que se exploraron y refinaron diversas propuestas a través de técnicas de brainstorming y el empleo de herramientas de evaluación como gráficos radiales y el método SCAMPER, este proyecto se adentra ahora en la etapa crucial de modelar la idea seleccionada. Esta sección transita del ámbito conceptual al desarrollo tangible, marcando la transición de las ideas abstractas a soluciones concretas y palpables. En este contexto, la etapa de modelado se establece como un puente entre la fase de ideación y la materialización de prototipos que representen soluciones para los usuarios.

El modelado de ideas no solo implica una representación física o digital de las soluciones propuestas, sino que también exige una comprensión profunda de las necesidades y expectativas de los usuarios finales. Este enfoque garantiza que las soluciones no solo sean viables y técnicamente factibles, sino que también resuenen emocional y cognitivamente con los niños de Huajuapán de León, fomentando una participación activa y sostenida en la clasificación de plásticos. La integración de los principios de *Design Thinking* en esta fase asegura una evaluación continua y una iteración basada en el *feedback*, elementos clave para el refinamiento de las ideas y su alineación con los objetivos educativos y ambientales del proyecto.

En la siguiente sección, se detallarán los procesos y metodologías empleadas para transformar las ideas generadas en prototipos funcionales. Se explorará cómo las técnicas de prototipado rápido facilitan la experimentación y la iteración, permitiendo ajustes ágiles basados en la interacción real de los usuarios con los prototipos.

4.2.1. Diseño del Contenedor Interactivo Prototipo Semilla Alfa

En esta sección, se abordan los temas que sirven para sentar las bases del diseño de la propuesta, introduciendo conceptos clave como ergonomía y accesibilidad. Estos términos fueron fundamentales para garantizar que el contenedor interactivo fuera eficiente, seguro y cómodo de usar para los niños de Seis a Ocho años en la escuela primaria de Huajuapán de León.

A lo largo de los capítulos anteriores, se llevó a cabo una investigación exhaustiva para comprender las necesidades y comportamientos de los niños en relación con el reciclaje. A partir de esta investigación, se definieron tareas y requerimientos específicos que guiarían el diseño del prototipo. Estas tareas, validadas mediante estudios contextuales, entrevistas con expertos y *Focus Groups*, aseguraron que el diseño estuviera centrado en el usuario y respondiera efectivamente a sus necesidades.

En particular, la integración de la ergonomía y la accesibilidad en el diseño fue crucial para crear un contenedor interactivo que no solo fuera funcional, sino también inclusivo. La ergonomía se ocupaba de optimizar las interacciones entre los usuarios y el sistema, garantizando comodidad y eficiencia, mientras que la accesibilidad aseguraba que el diseño fuera utilizable por todos los niños, incluidos aquellos con discapacidades.

4.2.1.1. Ergonomía y Accesibilidad

Según la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA), la ergonomía es “la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar con el fin de optimizar el bienestar humano y el desempeño del sistema” (IEA, 2020). La ergonomía en este contexto se enfoca en diseñar un contenedor interactivo que sea fácil y cómodo de usar para los niños, promoviendo posturas naturales y minimizando el esfuerzo físico. Un aspecto fundamental del diseño ergonómico es la antropometría, que se refiere al estudio de las medidas y proporciones del cuerpo humano. Este campo de investigación proporciona datos esenciales para diseñar productos, espacios y herramientas que se adapten a las dimensiones físicas de los usuarios. Según la definición de Panero y Zelnik (1979), “la antropometría se ocupa de las medidas del cuerpo humano, particularmente aquellas que afectan a la capacidad de las personas para interactuar con objetos y espacios en su entorno”. La integración de datos antropométricos en el diseño del contenedor permitió ajustarlo adecuadamente a las dimensiones

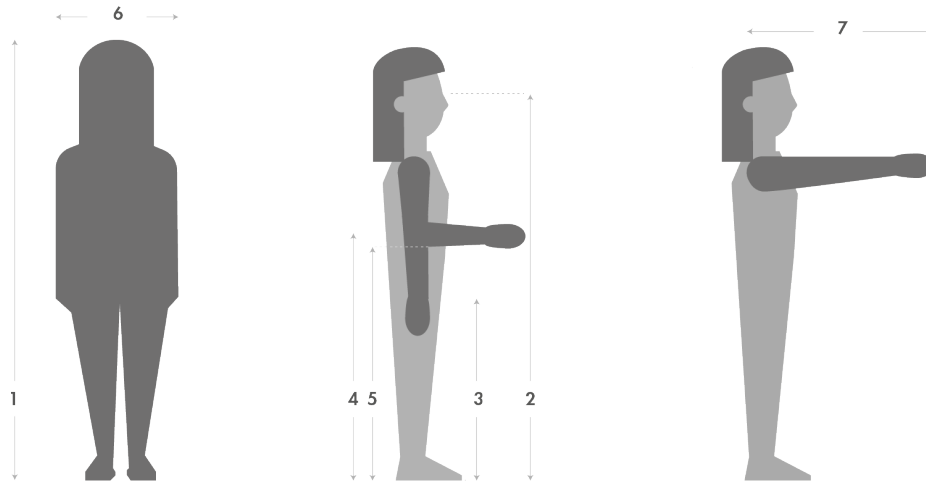
físicas de los niños, promoviendo posturas naturales y evitando esfuerzos innecesarios. La iteración continua y la evaluación basada en pruebas reales fueron esenciales para refinar las características del contenedor, asegurando que cumpliera con los estándares de seguridad, comodidad y funcionalidad necesarios para su implementación exitosa en el entorno escolar.

En el diseño del contenedor interactivo, los requerimientos ergonómicos juegan un papel crucial para asegurar una interacción cómoda y segura para los niños. Para determinar estos requerimientos, se empleó el Método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) como referencia, reconocido ampliamente por su eficacia en evaluar las posturas de trabajo, enfocándose en las demandas ergonómicas de las tareas y proponiendo mejoras para optimizar el diseño de las estaciones de trabajo (Naranjo Flores et al., 2020).

El Método RULA se organiza en dos grupos principales: el Grupo A, que evalúa los miembros superiores, incluyendo brazos, antebrazos y muñecas; y el Grupo B, que considera el tronco, el cuello y las piernas. Aunque fue originalmente desarrollado para análisis ergonómico en entornos laborales, sus principios se han adaptado para evaluar y mejorar el diseño del contenedor interactivo, con un enfoque especial en las necesidades de los niños.

La implementación de este método facilitó la identificación de los principales requerimientos ergonómicos para el contenedor, tales como la altura adecuada, el alcance óptimo y la postura de uso más favorable para los niños de seis a ocho años. Estas consideraciones son fundamentales para garantizar que el contenedor sea accesible y promueva una interacción natural y sin esfuerzos, minimizando así el riesgo de fatiga o lesiones durante su uso. Para el desarrollo del proyecto, se emplearán las medidas antropométricas obtenidas del estudio realizado por Ávila Chaurand et al., (2001), el cual ofrece datos detallados sobre la población infantil de seis a ocho años. En las Figuras 24 y 25, se presentan específicamente las medidas correspondientes a niñas y niños. Estos datos serán fundamentales para definir los parámetros del contenedor interactivo, asegurando que su diseño se ajuste de manera óptima a las características físicas de este grupo etario.

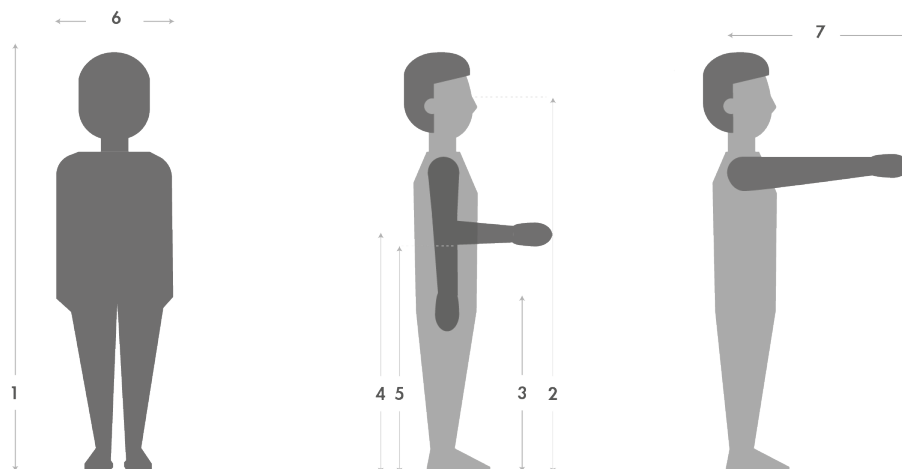
**Dimensiones antropométricas de población latinoamericana:
Niñas escolares de 6 a 8 años en posición de pie.**



| Dimensiones | 6 años (n=369) | | | | | 7 años (n=406) | | | | | 8 años (n=402) | | | | |
|--------------------------|----------------|------|-------------|------|------|----------------|------|-------------|------|------|----------------|------|-------------|------|------|
| | \bar{X} | D.E. | Percentiles | | | \bar{X} | D.E. | Percentiles | | | \bar{X} | D.E. | Percentiles | | |
| | | | 5 | 50 | 95 | | | 5 | 50 | 95 | | | 5 | 50 | 95 |
| 1 Estatura | 1167 | 54 | 1087 | 1167 | 1256 | 1218 | 54 | 1129 | 1215 | 1307 | 1269 | 62 | 1167 | 1270 | 1371 |
| 2 Altura ojo | 1064 | 53 | 977 | 1061 | 1151 | 1114 | 52 | 1028 | 1113 | 1200 | 1166 | 59 | 1069 | 1169 | 1263 |
| 3 Altura codo | 702 | 36 | 643 | 710 | 761 | 747 | 39 | 683 | 745 | 811 | 785 | 45 | 722 | 781 | 859 |
| 4 Altura codo flexionado | 690 | 36 | 631 | 687 | 749 | 726 | 39 | 662 | 724 | 790 | 759 | 44 | 686 | 758 | 831 |
| 5 Altura muñeca | 550 | 31 | 499 | 547 | 601 | 578 | 34 | 522 | 576 | 634 | 608 | 37 | 544 | 609 | 670 |
| 6 Anchura máx. cuerpo | 516 | 31 | 260 | 313 | 372 | 331 | 35 | 274 | 327 | 389 | 344 | 35 | 287 | 339 | 402 |
| 7 Alcance brazo frontal | 442 | 37 | 381 | 440 | 503 | 468 | 40 | 402 | 463 | 534 | 493 | 38 | 430 | 489 | 556 |

Figura 24 Dimensiones Antropométricas en Niñas de Seis a Ocho años
Fuente: Elaboración Propia basado en Ávila Chaurand et al., (2001)

Dimensiones antropométricas de población latinoamericana: Niños escolares de 6 a 8 años en posición de pie.



| Dimensiones | 6 años (n=384) | | | | | 7 años (n=405) | | | | | 8 años (n=375) | | | | |
|--------------------------|----------------|------|-------------|------|------|----------------|------|-------------|------|------|----------------|------|-------------|------|------|
| | \bar{X} | D.E. | Percentiles | | | \bar{X} | D.E. | Percentiles | | | \bar{X} | D.E. | Percentiles | | |
| | | | 5 | 50 | 95 | | | 5 | 50 | 95 | | | 5 | 50 | 95 |
| 1 Estatura | 1175 | 54 | 1086 | 1175 | 1264 | 1228 | 57 | 1134 | 1225 | 1322 | 1279 | 46 | 1185 | 1274 | 1373 |
| 2 Altura ojo | 1067 | 54 | 978 | 1067 | 1156 | 1120 | 55 | 1029 | 1118 | 1211 | 1171 | 57 | 1077 | 1164 | 1265 |
| 3 Altura codo | 713 | 38 | 649 | 711 | 776 | 749 | 40 | 689 | 746 | 815 | 785 | 42 | 716 | 780 | 854 |
| 4 Altura codo flexionado | 689 | 42 | 620 | 690 | 758 | 725 | 38 | 662 | 724 | 788 | 760 | 72 | 691 | 755 | 829 |
| 5 Altura muñeca | 546 | 34 | 490 | 545 | 602 | 575 | 34 | 519 | 574 | 631 | 604 | 36 | 545 | 604 | 663 |
| 6 Anchura máx. cuerpo | 324 | 28 | 278 | 321 | 370 | 338 | 30 | 288 | 335 | 388 | 351 | 33 | 297 | 349 | 406 |
| 7 Alcance brazo frontal | 443 | 34 | 387 | 442 | 499 | 471 | 36 | 412 | 468 | 530 | 500 | 40 | 434 | 494 | 566 |

Figura 25 Dimensiones Antropométricas en Niñas de Seis a Ocho años
Fuente: Elaboración Propia Basado en Ávila Chaurand et al., (2001)

En base a los estudios antropométricos realizados en la población de niños escolares de 6 a 8 años en la Zona Metropolitana de Guadalajara, México, se pueden extraer recomendaciones generales para diseñar un espacio de trabajo o de juego adecuado para niños de diferentes alturas. Estas recomendaciones se enfocan en aspectos clave como la altura de la cabeza, los hombros, el codo, y otros parámetros relevantes para ajustar el mobiliario y los dispositivos de manera que se adapten a las necesidades de niños de diversas estaturas.

Algunas de las recomendaciones específicas incluyen:

Tabla 24 Recomendaciones de Diseño Ergonómico Basadas en Medidas Antropométricas
Fuente: Elaboración Propia

| Dimensiones | | Recomendación |
|-------------|--|---|
| 1 | Estatura | La altura total del contenedor debe ser tal que los niños puedan alcanzar fácilmente la abertura superior sin necesidad de estirarse o requerir ayuda. Considerando la estatura promedio (X) para cada edad, se puede determinar la altura máxima del contenedor para garantizar la accesibilidad. |
| 2 | Altura del Ojo | Las interfaces visuales, como pantallas o indicadores, deben estar alineadas con la altura de los ojos del percentil 50 para cada grupo de edad, lo que permite una visualización cómoda sin necesidad de inclinar la cabeza hacia arriba o hacia abajo |
| 3 y 4 | Altura del Codo y Altura del Codo Flexionado | Las superficies o estaciones de trabajo, como plataformas para clasificar los plásticos, deben estar a la altura del codo para facilitar la manipulación de los objetos sin causar tensión en los brazos. La altura del codo flexionado puede servir de referencia para determinar la altura ideal de los elementos interactivos. |
| 5 | Altura de la Muñeca | Los controles y mecanismos de interacción, como palancas o tiradores, deben situarse cerca de la altura de la muñeca para prevenir el esfuerzo excesivo y asegurar un manejo ergonómico por parte de los niños. |
| 6 | Anchura Máxima del Cuerpo | El diseño del contenedor debe permitir un acceso cómodo al interior, con aberturas y pasajes que acomoden la máxima anchura del cuerpo de los niños, evitando el contacto forzado o la necesidad de contorsiones incómodas. |
| 7 | Alcance del Brazo Frontal | El alcance frontal necesario para operar o interactuar con el contenedor no debe exceder el alcance promedio del brazo para el percentil 50, lo que permite a todos los niños alcanzar los elementos sin dificultad. |

Utilizando los datos presentados anteriormente, se ha elaborado un diagrama que destaca la comparación de las alturas promedio para niñas y niños de entre 6 y 8 años. Como se muestra en la Figura 26, se determina la altura máxima de referencia para los usuarios promedio, lo cual es fundamental para la ubicación de los componentes que integran el contenedor.

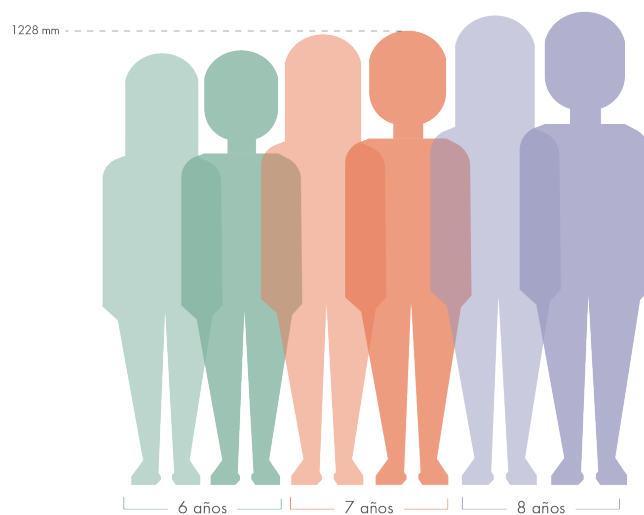


Figura 26 Comparación de Alturas Promedio por Edad en Niños de 6 a 8 Años
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Prototipado Rápido

En esta sección, se describirá el proceso de prototipado llevado a cabo para transformar las ideas generadas en la fase de ideación en soluciones tangibles y funcionales. Siguiendo la metodología de *Design Thinking*, el prototipado representó una etapa crítica en la cual se materializaron las propuestas conceptuales, permitiendo una evaluación y ajuste continuos basados en la interacción real con los usuarios.

El objetivo del proceso de prototipado fue desarrollar y evaluar prototipos funcionales del contenedor interactivo para reciclaje de plásticos, asegurando que estos modelos preliminares fueran accesibles, seguros y ergonómicos para los niños de seis a ocho años para llevar a cabo un riguroso proceso de prototipado se priorizó un enfoque centrado en el usuario, donde cada iteración del prototipo fue informada por la retroalimentación directa de los niños y otros stakeholders. Este proceso permitió no solo optimizar el diseño en términos de ergonomía y accesibilidad, sino también garantizar que el contenedor promoviera una experiencia educativa y participativa, fomentando hábitos de reciclaje desde una edad temprana. La iteración continua y la evaluación basada en pruebas reales fueron esenciales para refinar las características del contenedor, asegurando que cumpliera con los estándares de seguridad, comodidad y funcionalidad necesarios para su implementación exitosa en el entorno escolar.

4.2.2.1. Técnicas de Prototipado Rápido Utilizadas

Tras el análisis antropométrico, a continuación, se presentarán los bocetos preliminares del contenedor interactivo, diseñados considerando las dimensiones de niños de 7 años, para visualizar como las soluciones abordan las necesidades identificadas cumplen con los requisitos ergonómicos y de accesibilidad. Los bocetos permiten, una exploración visual rápida de diferentes conceptos de diseño, facilitando la comparación y selección de las ideas con mejores características basadas en las particularidades establecidas a través de la metodología, estos bocetos permitirán presentarlo a los usuarios primarios y secundarios para conocer su opinión y tomar en cuenta sus recomendaciones para optimizar la propuesta.

La Figura 27 presenta el boceto de la primera propuesta de diseño para el contenedor interactivo. Inspirado en la interfaz de un cajero automático, este diseño busca aprovechar la familiaridad previa que los usuarios han expresado tener con dichos dispositivos. Tal reconocimiento de interfaz está orientado a facilitar un desempeño intuitivo y familiar para los niños. El mecanismo de almacenamiento del contenedor se acciona a través de una puerta operada por un mango colocado estratégicamente a la altura del codo flexionado de un niño promedio de 7 años, asegurando así la accesibilidad y ergonomía del dispositivo.

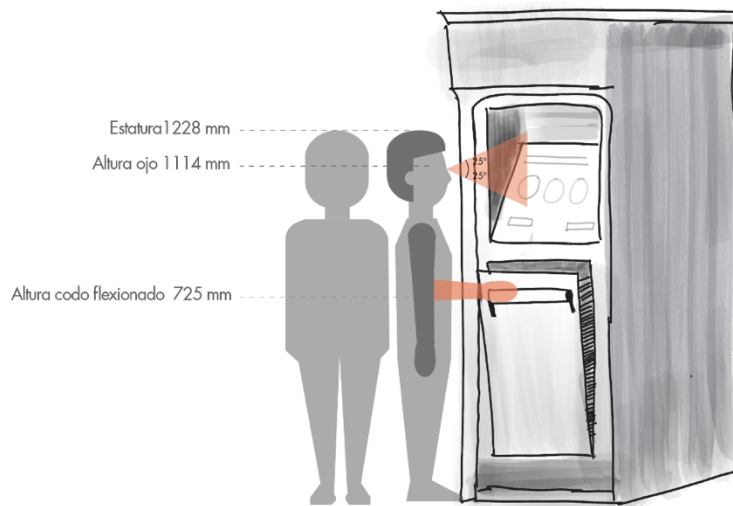


Figura 27 Boceto de Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 28 ilustra la segunda propuesta de diseño. El diseño cuenta con una pantalla táctil estratégicamente inclinada para adaptarse al campo visual promedio de los usuarios infantiles, lo que facilita la interacción sin necesidad de movimientos forzados o ajustes de postura. Además, se observa que la unidad de almacenamiento está dividida en tres compartimentos separados, diseñados para clasificar distintos tipos de residuos, tal como se identificó en la fase de investigación. Esta segmentación busca optimizar el proceso de reciclaje al hacerlo más organizado y accesible para los niños

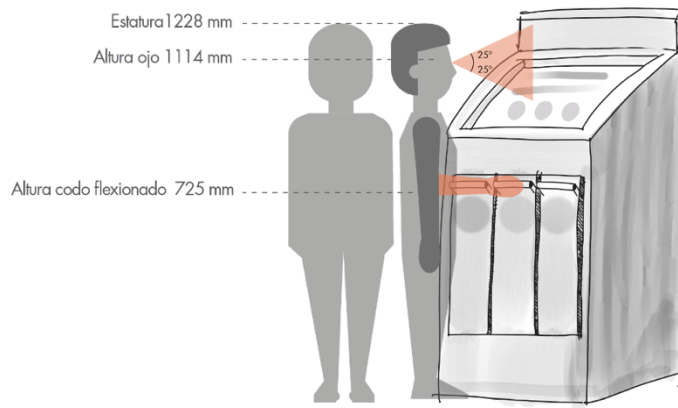


Figura 28 Boceto de Propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

La propuesta 3 que se muestra en la Figura 29, presenta una pantalla posicionada perpendicularmente al suelo, directamente en frente del usuario. Este diseño está pensado para encajar dentro del rango de visión natural de un niño, sin requerir inclinaciones o ajustes de postura para una interacción cómoda. Similar a la propuesta anterior, este prototipo también incluye compartimentos de almacenamiento separados, facilitando así la segregación de los residuos según las categorías determinadas en la investigación.

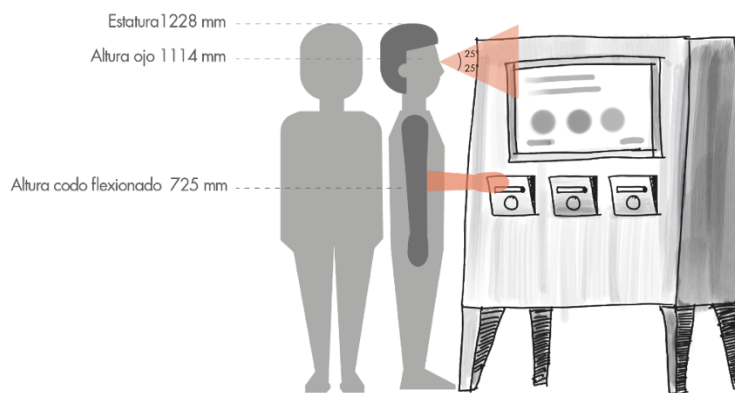


Figura 29 Boceto de Propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

Cada boceto, diseñado con consideraciones ergonómicas y antropométricas, destaca una metodología de diseño inclusiva, gracias a la utilización de interfaces familiares, como la analogía con cajeros automáticos, y la adaptación precisa a las medidas de los usuarios infantiles.

La retroalimentación preliminar ha indicado que la incorporación de elementos reconocibles e interfaces intuitivas puede incrementar significativamente la probabilidad de aceptación y adopción del contenedor interactivo por parte de los niños. Los compartimentos claramente definidos para la clasificación de residuos no solo promueven la organización y eficiencia, sino que también funcionan como herramientas educativas, reforzando las lecciones de sostenibilidad. Avanzando hacia la fase de validación del concepto, el enfoque se dirigirá a evaluar la viabilidad, funcionalidad y la recepción del usuario frente a estas propuestas de diseño.

4.2.2.2. Validación de Conceptos

Tras la creación de los bocetos detallados, se entra en una fase crítica del proceso de diseño: la validación de conceptos. Este paso es esencial para asegurar que las soluciones propuestas resuenen con los usuarios finales y satisfagan sus necesidades específicas.

La validación de los conceptos de diseño con el grupo objetivo es indispensable para garantizar que el producto final sea no solo funcional, sino también bien recibido. Esta fase permite identificar y abordar posibles desafíos antes de la implementación, optimizando recursos y esfuerzos en las etapas posteriores de desarrollo.

El objetivo principal de esta fase es evaluar la eficiencia, el atractivo y la usabilidad de las tres propuestas de diseño de contenedores interactivos. Centrándose en estas métricas, se busca confirmar la alineación de las propuestas con las expectativas y preferencias del público objetivo: los niños.

La presentación de tres bocetos distintos a los usuarios durante la fase de validación de conceptos ofrece múltiples ventajas que justifican ampliamente esta decisión. En primer lugar, permite captar una variedad de opiniones y preferencias, asegurando que el diseño final sea verdaderamente representativo de las necesidades y expectativas del grupo objetivo. Este enfoque inclusivo garantiza que se consideren diferentes perspectivas, lo cual es esencial para desarrollar un producto que resuene bien con una audiencia diversa.

Al presentar múltiples opciones, se facilita la identificación de elementos específicos que son preferidos por los usuarios. Esto permite combinar los aspectos más valorados de cada boceto en el diseño final, optimizando así la funcionalidad y el atractivo del producto. Además, este enfoque proporciona una

oportunidad valiosa para obtener comentarios detallados y específicos. Los usuarios pueden señalar qué elementos les gustan o no de cada boceto, ofreciendo insights directos que ayudan a refinar y mejorar el diseño. Esta retroalimentación es crítica para abordar cualquier desafío potencial antes de la implementación, optimizando recursos y esfuerzos en las etapas posteriores de desarrollo.

La estrategia de presentar tres bocetos también fomenta la participación activa de los usuarios en el proceso de diseño, lo que aumenta su compromiso y aceptación del producto final. Al sentirse escuchados y valorados, los usuarios están más inclinados a apoyar y adoptar el producto, asegurando así su éxito en el mercado.

Para lograr este objetivo, se implementó una técnica interactiva que involucraba el desarrollo e ilustración de una narrativa. Al concluir la historieta, se invitaba a los niños a seleccionar el contenedor que, según su criterio personal, consideraban más atractivo y funcional. Esta metodología permitió captar las preferencias instintivas de los niños, proporcionando *insights* valiosos para la validación de los conceptos de diseño.

En la Figura 30 se exponen la historieta que se utilizó para involucrar a los usuarios en el proceso de evaluación. Estas ilustraciones presentan el recorrido cotidiano de un usuario, lo que facilita a los niños visualizar y comprender el uso de los prototipos en un contexto real

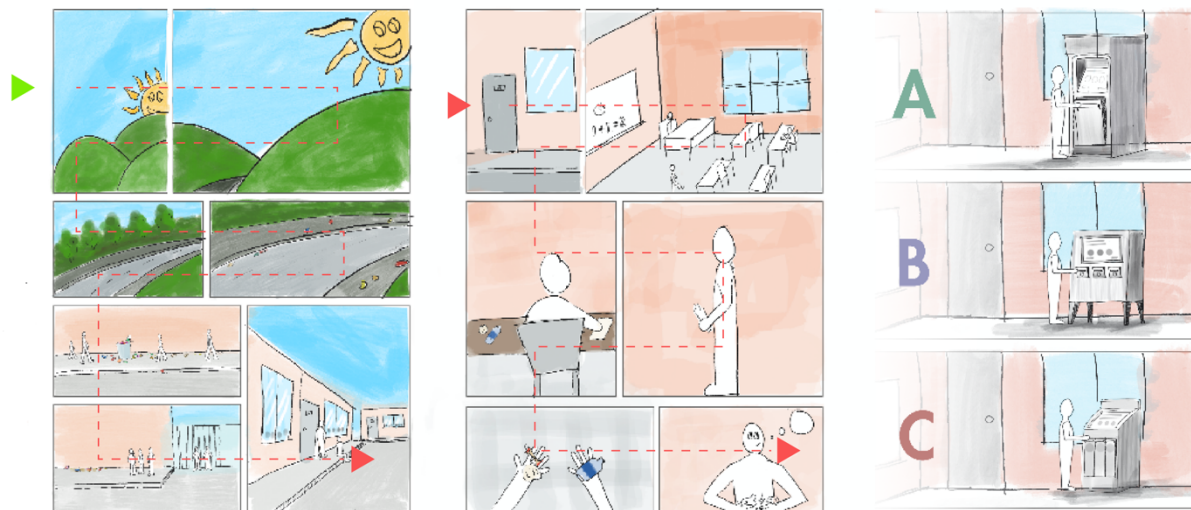


Figura 30 Evaluación Participativa del Prototipo a través de la Historieta
Fuente: Elaboración Propia

La evaluación de los conceptos mediante la historieta involucró a veinte alumnos de primer grado de la Escuela Primaria Pública "Vicente Guerrero". Se diseñó cuidadosamente para asegurar la igualdad de participación entre niños y niñas, reflejando un compromiso con la equidad de género en la investigación.

El ambiente seleccionado para la actividad estaba apartado de las distracciones cotidianas, utilizando una sala especialmente acondicionada con una tableta para la sesión. El equipo de supervisión, proporcionó instrucciones precisas para garantizar la comprensión clara del proceso por parte de los jóvenes participantes, manteniendo la imparcialidad en sus decisiones.

Formando parejas, los niños disfrutaron de un espacio colaborativo donde pudieron compartir sus perspectivas y reflexiones. Este enfoque dialógico enriqueció la experiencia, culminando con la selección consensuada de su prototipo preferido de contenedor interactivo. Durante los aproximadamente 50 minutos que duró la sesión de evaluación, no solo se identificaron los prototipos favoritos, sino que también se captaron comentarios espontáneos de los niños. La Figura 31 captura un momento de esta fase de pruebas, donde se observa a los jóvenes evaluadores deliberando cuidadosamente antes de tomar su decisión.



Figura 31 Evaluación de la Historieta con Usuarios Potenciales
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 32 ilustra los resultados de la evaluación, destacando al prototipo B como el preferido entre los participantes, habiendo sido elegido por 9 de los 20 niños involucrados en el estudio. Estos hallazgos han sido fundamentales para la definición y el desarrollo del siguiente prototipo, proporcionando una dirección clara basada en las preferencias del usuario.

Participación de 20 estudiantes, con una distribución balanceada entre niños y niñas.



Figura 32 Resultados de la Evaluación de la Historieta con Niños y Niñas
Fuente: Elaboración Propia

La preferencia destacada hacia el prototipo B se va reflejada en algunos testimonios que han sido fundamentales para comprender mejor la recepción del prototipo favorito y su impacto en el público infantil, a continuación, se citan algunos testimonios destacados

"Me gusta el prototipo B porque las puertas se ven fácil de jalar." – Usuario 3.

"Elegí el B porque la pantalla es grande y entiendo lo que tengo que hacer." – Usuario 7.

4.2.3. Prototipo Semilla Alfa del Contenedor e Iteración II

A partir de los resultados obtenidos en la fase de "Validación de conceptos", la nueva etapa tiene como objetivo afinar y perfeccionar el diseño. Los comentarios y preferencias manifestados por los estudiantes constituirán el eje central en la evolución de los prototipos, permitiendo una iteración enfocada que mejora tanto la funcionalidad como el atractivo estético del producto.

Con el Prototipo B identificado como el más popular en la evaluación inicial, la atención se centrará en comprender las características que contribuyeron a su éxito y en explorar cómo se pueden integrar estos elementos exitosos en las iteraciones subsecuentes. Para este fin, se ha construido un Prototipo Semilla Alfa rápido utilizando materiales de fácil acceso como cartón y hojas, complementado con

figuras y elementos gráficos adicionales para facilitar la comprensión de su funcionalidad. Se han definido cinco tareas específicas para ser evaluadas en pruebas subsecuentes, con el objetivo de observar la interacción con un modelo tangible.

En la Tabla 25 se muestra la ficha técnica de la prueba para el un Prototipo Semilla Alfa e Iteración II.

Tabla 25 Ficha Técnica para la Prueba del Prototipo Semilla Alfa e Iteración II

Fuente: Elaboración Propia

| Aspectos de la Prueba | Detalle |
|-------------------------------|---|
| Perfil de Usuario | Niña de Seis Años |
| Número total de participantes | 1 |
| Duración del estudio | 25 minutos |
| Metodología Utilizada | Observación en laboratorio con grabación de audio y vídeo. Se colocó al usuario ante el prototipo, proporcionándole instrucciones claras para su interacción, mientras cámaras y micrófonos registraban la sesión para análisis posterior |

En la Tabla 26 se observa una tabla con las actividades definidas para la prueba con su descripción

Tabla 26 Actividades del Prototipo Semilla Alfa e Iteración II

Fuente: Elaboración Propia

| Actividades | Descripción | Tiempo Estimado | |
|-------------|-------------------------------|--|---------------|
| 1 | Activar la pantalla | Los usuarios deben activar la pantalla si es que esta esta desactivada | 1 a 3 minutos |
| 2 | Seleccionar el tipo de basura | Elegir en la interfaz la categoría correcta de residuos | 2 a 4 minutos |
| 3 | Colocar Basura tipo: Papel | Depositar papel en el contenedor correspondiente | 2 a 3 minutos |
| 4 | Colocar Basura tipo: Plástico | Depositar plástico en el contenedor correspondiente | 2 a 3 minutos |
| 5 | Colocar Basura tipo: Orgánico | Depositar residuos orgánicos en el contenedor correspondiente | 2 a 3 minutos |

La Figura 33 capta un momento clave dentro del laboratorio de usabilidad, donde se ve a la usuaria participante interactuando con el Prototipo Semilla Alfa. También se aprecia parte del equipo de pruebas, incluyendo las cámaras y micrófonos utilizados para registrar la sesión, lo que subraya la metodología integral de observación y análisis empleada en nuestro estudio.



Figura 33 Prueba de Usabilidad en el Laboratorio de Usabilidad Usalab con la Usuaría y la Facilitadora
Fuente: Elaboración Propia

Una vez, terminada la sesión con Prototipo Semilla Alfa se realizó un breve que se muestra en la Tabla 27 cuestionamiento para complementar la sesión con la usuaria destacando resultados cualitativos Este cuestionario, buscaba capturar impresiones inmediatas y sinceras Las interrogantes se enfocaron en aspectos tales como la usabilidad, el atractivo visual y la comprensión intuitiva del prototipo por parte de la usuaria. Al solicitar que la participante expresara sus pensamientos y emociones durante la interacción, se logró obtener perspectivas valiosas que frecuentemente no son aparentes a través de la observación visual.

Tabla 27 Respuestas del Cuestionario
Fuente: Elaboración Propia

| Preguntas del Cuestionario | | Respuestas del Usuario |
|----------------------------|---|--|
| 1 | ¿Pudiste usar el prototipo fácilmente y realizar las tareas? | <i>“Si, si pude.”</i> |
| 2 | ¿Qué opinas sobre el diseño del prototipo? | <i>“Me gusta, pero me gustaría más colores.”</i> |
| 3 | ¿Fue fácil entender qué hacer con el prototipo sin explicaciones? | <i>“Sí, pero no hay muchas cosas que hacer y que hubiera sonido.”</i> |
| 4 | ¿Qué cambios sugerirías para mejorar el prototipo? | <i>“Me gustaría más cosas que hacer y que tenga sonido.”</i> |
| 5 | ¿Qué te gusto más y qué te gusto menos? | <i>“Me gustaron los colores de los botes y me gusto la carita de la pantalla.”</i> |

El gráfico mostrado en la Figura 34 compara los tiempos registrados durante la prueba con los intervalos de tiempo máximo y mínimo estimados para cada actividad. Los marcadores en rojo señalan

el límite máximo de tiempo previsto para las tareas, funcionando como referencia para evaluar la eficiencia en su realización.

Se observa que, en la mayoría de las tareas, los tiempos efectivamente empleados, representados por puntos verdes, se sitúan por debajo del umbral máximo, lo que sugiere una notable eficiencia en la interacción con el prototipo. En particular, las actividades de "Colocar Basura tipo: Papel", "Plástico" y "Orgánico" se llevaron a cabo de manera expedita, subrayando la intuitividad y la facilidad de manejo del prototipo. Los hallazgos aportan una perspectiva detallada sobre las fortalezas del diseño vigente y orientan hacia posibles mejoras y ajustes futuros del prototipo.

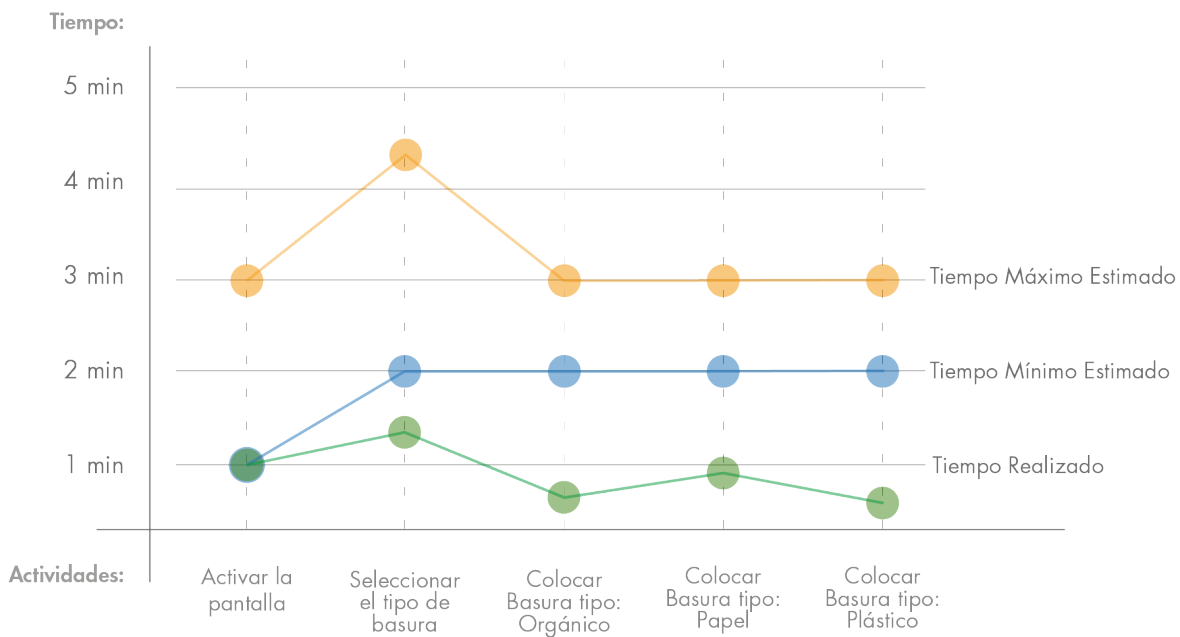


Figura 34 Resultados de la Prueba de Usabilidad en Relación a la Eficiencia
Fuente: Elaboración Propia

A partir de los resultados obtenidos y las evaluaciones realizadas, el análisis concluye que el siguiente paso crítico consistirá en el desarrollo de una interfaz de usuario que se integre de manera efectiva con el un Prototipo Semilla Alfa. Este avance es esencial para asegurar que el producto final no solo cumpla con las expectativas funcionales, sino que también ofrezca una experiencia de usuario fluida y satisfactoria. La interfaz de usuario propuesta debe ser diseñada cuidadosamente para reflejar los hallazgos clave de las pruebas, incorporando elementos intuitivos que faciliten la interacción y mejoren la accesibilidad. Se priorizará la simplificación de los flujos de trabajo y la optimización de la navegación para asegurar que los usuarios puedan realizar las tareas con eficiencia y sin dificultades innecesarias.

4.2.4. Diseño de la Interfaz de Usuario: Estructuración y Prototipado

La interfaz de usuario (UI) del contenedor interactivo es un componente esencial que define la experiencia del usuario. Este subtema se dedica a explorar el diseño de la UI con un enfoque meticuloso en cómo los usuarios, los niños en este caso, interactúan con el contenedor interactivo.

El desarrollo de una interfaz de usuario detallada radica en su capacidad para simplificar la interacción entre el contenedor interactivo y el niño. Una UI bien diseñada puede hacer que el proceso de clasificación de residuos sea una tarea atractiva y educativa, alentando así una conducta de reciclaje a largo plazo entre los jóvenes usuarios. Además, una interfaz eficaz minimiza el riesgo de mal uso y promueve la autonomía en el proceso de aprendizaje y participación.

El objetivo del diseño de la UI es diseñar elementos visuales y de navegación que sean claros y comprensibles para un niño, eliminando barreras que pudieran impedir o dificultar la correcta clasificación de residuos.

La arquitectura de la información fue fundamental para una UI especialmente diseñada para niños. Se estructuró y organizó la información de manera que los usuarios, independientemente de su edad, pudieran navegar intuitivamente por la interfaz y alcanzar sus objetivos con facilidad. Para los niños, esto significó crear categorías y etiquetas claras, y simplificar los flujos de navegación para alentar la exploración y el aprendizaje. La arquitectura de la información guió al niño a través de una experiencia lúdica y educativa, asegurando que cada interacción con el contenedor no solo fuera agradable, sino también formativa.

Según Louis Rosenfeld, Peter Morville y Jorge Arango, la arquitectura de la información es el diseño estructural de entornos de información compartidos. Implica la organización y el etiquetado de sitios web, intranets, comunidades en línea y software para respaldar la usabilidad y la facilidad de búsqueda. También abarca un modelo o concepto de información que se utiliza y aplica a actividades que requieren detalles explícitos de sistemas complejos. Esencialmente, se trata de ayudar a las personas a comprender su entorno y encontrar lo que buscan, en el contexto del mundo real o de los espacios digitales.

Los wireframes presentaron una serie de prototipos preliminares que ilustraron la disposición y el flujo de la UI. Cada wireframe fue diseñado teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las pruebas

anteriores y la retroalimentación directa de los usuarios. Estas propuestas visuales fueron esenciales para conceptualizar la disposición de la información, las interacciones y la navegación general antes de proceder a la creación de prototipos de alta fidelidad.

La Figura 35 despliega el mapa de navegación, delineando las cinco tareas cruciales identificadas durante la investigación. Este esquema fue fundamental para esbozar las pantallas del prototipo de mediana fidelidad que se desarrolló a continuación. Iniciando con la pantalla 1, el usuario recibió una confirmación clara de que la interacción había comenzado. Seguidamente, la pantalla 2 utilizó iconografía intuitiva para orientar al usuario sobre las acciones disponibles y cómo proceder dentro de la interfaz.

Las pantallas 3, 4 y 5 fueron diseñadas para guiar al usuario a través de las funciones del sistema, ofreciendo información clara sobre las acciones disponibles en cada etapa, con la opción de regresar a la pantalla 2 para seleccionar otras acciones si fuera necesario. Las pantallas 6, 7 y 8 se enfocaron en mantener informado al usuario sobre el estado del sistema, proporcionando retroalimentación continua que mejoró la experiencia general. Además, para los usuarios secundarios, se agregó un icono de "Preguntas" en la pantalla 2, ofreciendo soporte y aclaración de dudas, garantizando que el sistema fuera inclusivo.

Es crucial mencionar que los wireframes fueron diseñados considerando las dimensiones específicas de un monitor estándar. Esta decisión se alineó con las medidas antropométricas investigadas, asegurando que el tamaño y disposición de los elementos visuales se ajustaran al campo de visión de los niños, facilitando una interfaz cómoda y accesible. La ergonomía visual fue clave para evitar la fatiga ocular y mejorar la eficiencia en la navegación.

Los prototipos de baja fidelidad sirvieron como base para la interfaz definitiva. Esta fase se centró en estructurar la interfaz y sus funciones de manera rápida y eficaz, sin distracciones por elementos de diseño complejos. A través de bocetos o maquetas digitales simples, se exploraron conceptos fundamentales y flujos de usuario. El objetivo fue permitir una rápida iteración y evaluación de la arquitectura de información antes de proceder a un diseño más detallado. Al finalizar, se estableció una base sólida para guiar el diseño de alta fidelidad, contribuyendo a la coherencia y eficiencia de la interfaz.

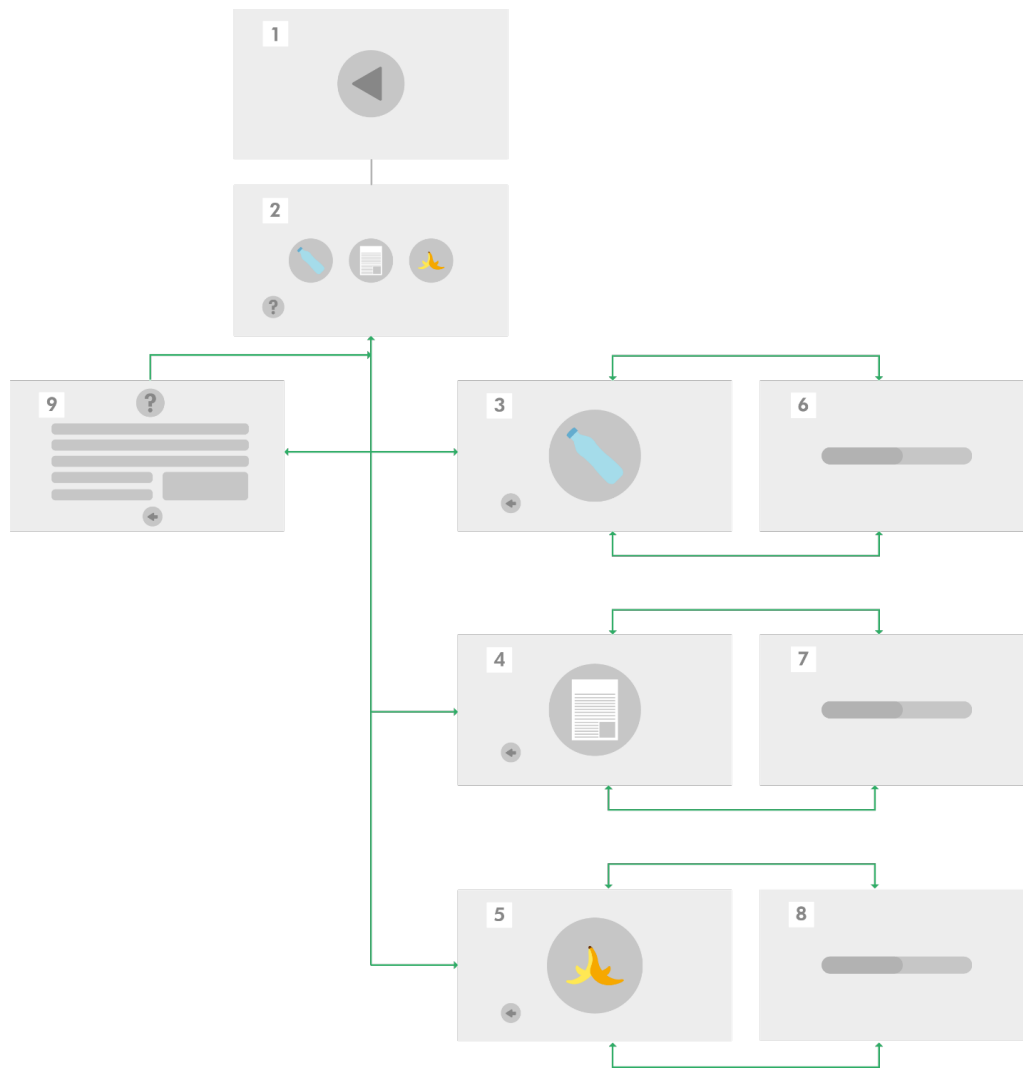


Figura 35 Árbol de Navegación para Elaboración de Wireframes
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 36 despliega las pantallas de baja fidelidad, siguiendo la jornada interactiva del usuario con el contenedor. Se inicia con la Pantalla de Inicio, que muestra al usuario un diseño simple y una invitación a interactuar. Posteriormente, la interfaz despliega una Selección de Categoría intuitiva, empleando iconografía elemental para la elección entre residuos inorgánicos, plásticos o papel. Las interfaces siguientes ilustran el Proceso de Depósito. Una barra de progreso señala el fin del proceso y propone la alternativa de retornar para seguir reciclando. Constantemente, un ícono de ayuda se mantiene accesible para soporte adicional, garantizando que los usuarios secundarios también reciban asistencia cuando sea preciso. Esta secuencia está concebida para propiciar una experiencia intuitiva y educativa, estableciendo así las bases para el avance hacia prototipos de fidelidad superior.

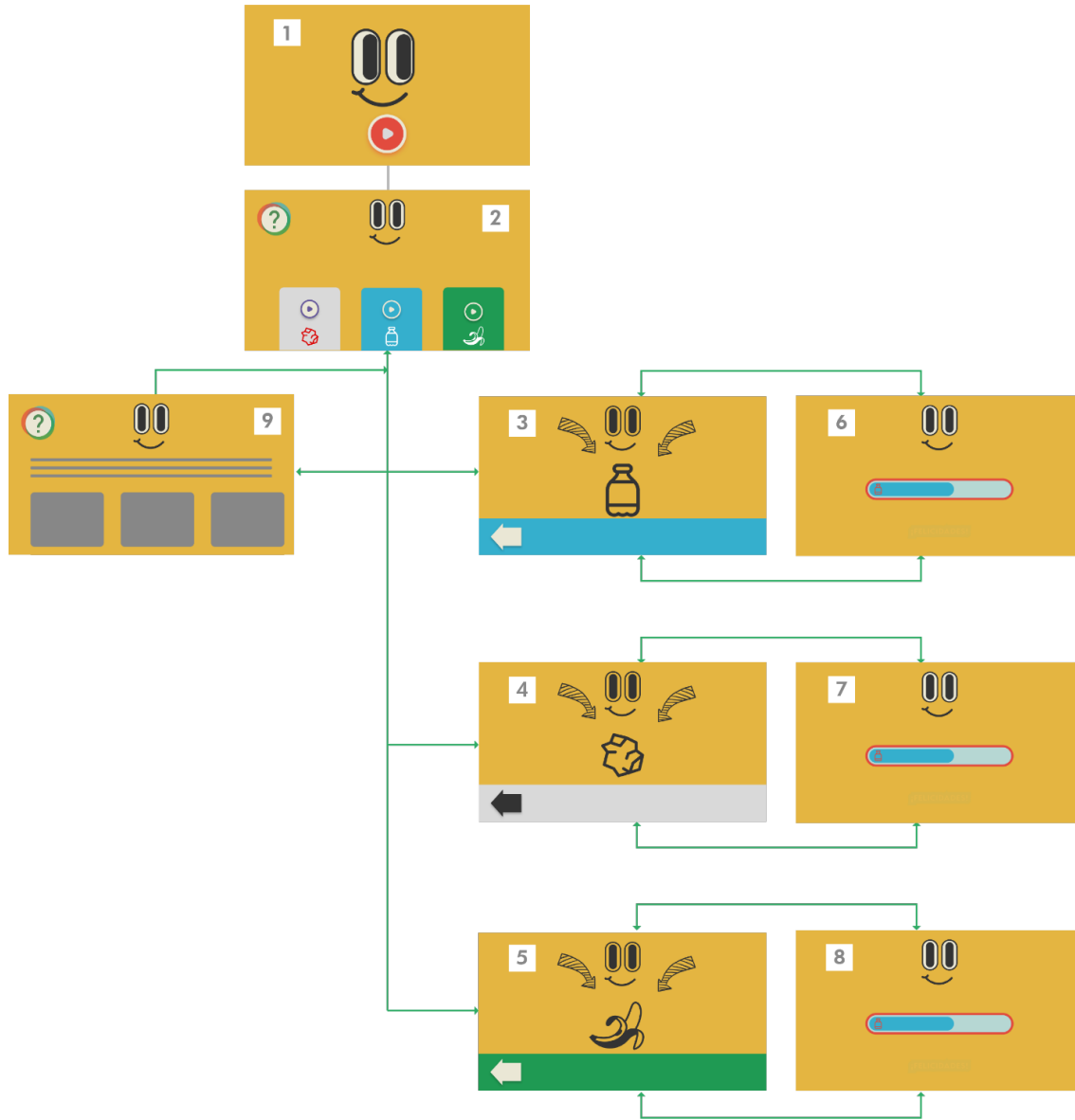


Figura 36 Árbol de Navegación Interfaces de Baja Fidelidad
Fuente: Elaboración Propia

El proceso de estructuración y prototipado ha sido vital para asegurar que las funcionalidades esenciales de la interfaz fueran comprendidas e integradas de manera efectiva. La implementación de estos métodos y herramientas permitió una iteración continua, asegurando que el diseño final no solo cumpliera con los requisitos funcionales, sino que también proporcionara una experiencia de usuario óptima y enriquecedora. Los próximos pasos incluirán la refinación de estos prototipos y la realización de pruebas para seguir adaptando la interfaz según las necesidades y feedback de los usuarios.

4.3. Conclusión

En el Capítulo IV se abordó el proceso integral de desarrollo de ideas hasta la creación de prototipos concretos, siguiendo las etapas de ideación, selección y prototipado del *Design Thinking*. Se iniciaron las actividades con una profunda fase de ideación utilizando técnicas como el brainstorming, permitiendo la generación de un flujo libre de ideas y su posterior evaluación a través de gráficos radiales. Estas herramientas facilitaron la comparación objetiva de las propuestas, destacando fortalezas y áreas de mejora.

El método SCAMPER jugó un papel crucial en esta etapa, proporcionando una estructura para analizar y refinar las ideas mediante siete enfoques distintos: Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Proponer otros usos, Eliminar y Reordenar. La aplicación de SCAMPER permitió una revisión exhaustiva de cada concepto, asegurando que las soluciones fueran innovadoras y viables. Durante el *Design Workshop*, se integraron las ideas seleccionadas en una propuesta unificada, empleando técnicas de co-diseño que involucraron a expertos en Interacción Humano Computadora. Esta colaboración fue fundamental para asegurar que las soluciones estuvieran alineadas con las necesidades reales de los usuarios.

La etapa de prototipado rápido permitió materializar las ideas en modelos tangibles, proporcionando una plataforma para la evaluación y refinamiento continuo basado en la retroalimentación de los usuarios. La importancia de la ergonomía y la accesibilidad se destacó durante este proceso, asegurando que el diseño del contenedor interactivo fuera cómodo y funcional para los niños.

Finalmente, la validación de conceptos mediante la presentación de tres bocetos a los usuarios permitió capturar diversas perspectivas y preferencias, asegurando que el diseño final fuera representativo y bien recibido por el grupo objetivo. Esta fase crítica de validación garantizó que el producto final no solo fuera funcional, sino también atractivo y aceptado por los usuarios.

El proceso descrito en este capítulo estableció una base sólida para avanzar hacia la fase de desarrollo de prototipos funcionales y su posterior implementación, asegurando que las soluciones diseñadas fueran efectivas, pertinentes y alineadas con los objetivos educativos y ambientales del proyecto.

5. Capítulo V | Afinando la Experiencia: Evaluación y Mejora del Prototipo

El Capítulo se centra en la evaluación y mejora del Prototipo contenedor interactivo. Este capítulo aborda las metodologías empleadas para recolectar retroalimentación directa de los usuarios, incluyendo entrevistas, encuestas y la técnica del "Mago de Oz". Además, se detalla el proceso de iteración del diseño basado en los resultados de estas evaluaciones, con el objetivo de optimizar la usabilidad, funcionalidad y estética del prototipo. A través de un enfoque riguroso y sistemático, se busca asegurar que el diseño final no solo cumpla con los estándares ergonómicos y antropométricos, sino que también proporcione una experiencia educativa y atractiva para los niños.

5.1. Interacción Retroalimentación de los Usuarios: Evaluaciones

En esta sección, se abordan las evaluaciones para comprender cómo los usuarios interactúan con el prototipo y recopilar sus impresiones directas. Las evaluaciones incluyen métodos más amplios, como entrevistas, encuestas y análisis heurísticos, para recoger opiniones detalladas de los usuarios sobre diversos aspectos del diseño. Estas evaluaciones permiten una visión más completa de la percepción del usuario, a obtener no solo la usabilidad, sino también la estética, la funcionalidad y la accesibilidad del prototipo. La retroalimentación de los usuarios, recopilada a través de evaluaciones de usabilidad, constituye la voz del usuario que guía la iteración del diseño. Este proceso asegura que cada elemento del diseño responde no solo a las necesidades funcionales, sino también a las expectativas de usabilidad y estética.

5.1.1. Metodología de Evaluación

El procedimiento empleado para analizar cómo los niños interactúan con la interfaz y se recoge información clave sobre su usabilidad. Siguiendo la misma línea de investigación, se visitó nuevamente la Escuela Primaria Pública "Vicente Guerrero". Se busco a los alumnos que previamente aportaron valor a la fase de Validación de Conceptos.

La supervisión del proceso fue rigurosa; se brindaron instrucciones precisas y se organizaron las sesiones de evaluación de tal manera que los participantes comprendieran claramente los

procedimientos a seguir. Esta claridad resultó fundamental para que los niños pudieran enfocarse en la interacción con la interfaz, asegurando la autenticidad de las impresiones recabadas y la confiabilidad de los resultados obtenidos. Con una atención minuciosa hacia la imparcialidad, se vigiló y aseguró que las decisiones de los niños estuvieran exentas de cualquier influencia ajena, lo que permitió que sus respuestas genuinas y directas guiaran hacia mejoras significativas orientadas al usuario.

El propósito esencial de estas evaluaciones fue analizar la intuición, eficacia y satisfacción general que la interfaz brindaba a los usuarios. Se intentó identificar y entender los retos y barreras para perfeccionar el diseño, procurando que la experiencia del usuario fuera tanto fluida y satisfactoria como educativa y funcional. Los resultados obtenidos guiaron las fases futuras de desarrollo y perfeccionamiento del prototipo.

5.1.1.1. Evaluación

En esta sección, se abordó cómo los usuarios interactuaron con la interfaz y se recopilaron sus impresiones directas y evaluaciones. La retroalimentación constituyó la voz del usuario que guió la iteración del diseño, asegurando que cada elemento respondiera no solo a las necesidades funcionales, sino también a las expectativas de usabilidad y estética.

Para esta evaluación se aplicó la técnica del "Mago de Oz" la cual implica que los usuarios interactúan con un sistema que creen que es autónomo, pero en realidad, sus respuestas están siendo controladas manualmente por un investigador que simula las respuestas del sistema. De acuerdo con Dahlbäck et al. (1993), "la técnica 'Mago de Oz' permite probar prototipos de sistemas con usuarios reales en una etapa temprana del desarrollo, proporcionando valiosos *insights* sobre el diseño y la funcionalidad del sistema"

Las evaluaciones se articularon en las cinco tareas definidas, diseñadas para evaluar la efectividad del Prototipo Semilla Beta. La Tabla 28 muestra las actividades con sus respectivas descripciones y el Tiempo Estimado, que de acuerdo a los resultados de la etapa se han reajustado a los tiempos obtenidos en las evaluaciones anteriores.

Tabla 28 Actividades para Evaluación de Prototipo Semilla
Fuente: Elaboración Propia

| Actividades | Descripción | Tiempo Estimado | |
|-------------|-------------------------------|--|---------------|
| 1 | Activar la pantalla | Los usuarios deben activar la pantalla si es que esta esta desactivada | 1 a 2 minutos |
| 2 | Seleccionar el tipo de basura | Elegir en la interfaz la categoría correcta de residuos | 2 a 3 minutos |
| 3 | Colocar Basura tipo: Papel | Depositar papel en el contenedor correspondiente | 1 a 2 minutos |
| 4 | Colocar Basura tipo: Plástico | Depositar plástico en el contenedor correspondiente | 1 a 2 minutos |
| 5 | Colocar Basura tipo: Orgánico | Depositar residuos orgánicos en el contenedor correspondiente | 1 a 2 minutos |

Durante las evaluaciones, la proyección de imágenes de la interfaz en un monitor y su control a través de una computadora independiente simularon una experiencia de usuario interactiva. Esta simulación facilitó la observación de las interacciones en tiempo real y permitió capturar reacciones espontáneas y comportamientos genuinos de los usuarios.

La Tabla 29 sintetiza los aspectos técnicos fundamentales de las evaluaciones de usabilidad llevadas a cabo con el Prototipo Semilla Beta. El perfil de usuario focalizado en esta evaluación incluyó niños y niñas de entre 6 a 7 años, un grupo representativo de la audiencia objetivo del producto. Participaron un total de 20 niños, lo que proporcionó una muestra sólida y equitativa para recoger datos significativos. La duración de la evaluación fue de 120 minutos, tiempo suficiente para realizar una observación detallada de las interacciones de los usuarios con el prototipo y para que cada participante completara todas las tareas asignadas.

Tabla 29 Ficha Técnica para la Evaluación del Prototipo Semilla
Fuente: Elaboración Propia

| Aspectos de la Prueba | Detalle |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Perfil de Usuario | Niños y Niñas de entre 6 a 7 años |
| Número total de participantes | 20 |
| Duración del estudio | 120 minutos |
| Metodología Utilizada | Técnica del "Mago de Oz" |

La Figura 37 presenta el Prototipo Semilla Beta, utilizado en las evaluaciones de usabilidad. En primer plano, se observan tres contenedores de cartón, cada uno claramente marcado con iconos que representan diferentes categorías de residuos: orgánicos, papel y plástico, respectivamente, con colores distintivos de verde, blanco y azul. Sobre ellos, un monitor muestra una interfaz de usuario simplificada

con una cara sonriente que parece actuar como el punto de inicio para la interacción. Esta configuración física imita la interfaz digital y las acciones que los niños deben llevar a cabo durante las evaluaciones, como la selección y clasificación de residuos, ofreciendo una representación tangible y directa del flujo de tareas del prototipo.



Figura 37 Prototipo Semilla Beta para Evaluación en Escuela Primaria “Vicente Guerrero”
Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.2. Resultados y Análisis de las Evaluaciones de Usabilidad

Esta sección expone los resultados obtenidos de las evaluaciones de usabilidad realizadas con el Prototipo Semilla Beta. Se analizarán los datos obtenidos durante las sesiones, que muestran cómo los usuarios interactuaron con el prototipo y su capacidad para ejecutar las tareas asignadas. La gráfica en la Figura 38 representa las tasas de éxito de las evaluaciones de usabilidad con 20 niños. Muestra el porcentaje de niños que completaron cada tarea de forma autónoma. En la tarea de "Activar la Pantalla", hubo un 90% de éxito, indicando una interacción inicial eficiente. Sin embargo, un 10% no logró activarla dentro del tiempo previsto, lo que señala áreas de mejora en la interfaz. La tarea "Seleccionar el tipo de Basura" fue más desafiante, con solo un 80% de éxito en seleccionar la categoría correcta dentro del tiempo límite, lo que sugiere mejoras en la interfaz de selección.

Los resultados en la clasificación de residuos fueron variados. La tarea de "Colocar Basura tipo Orgánico" fue completada por el 95% de los participantes, lo que muestra una buena comprensión de esta categoría. Sin embargo, en "Colocar Basura tipo Papel", solo el 25% completó la tarea, lo que indica la necesidad de ajustar los elementos visuales y las instrucciones. La tarea "Colocar Basura tipo Plástico" tuvo un 100% de éxito, demostrando que fue intuitiva y bien apoyada por el diseño del prototipo.

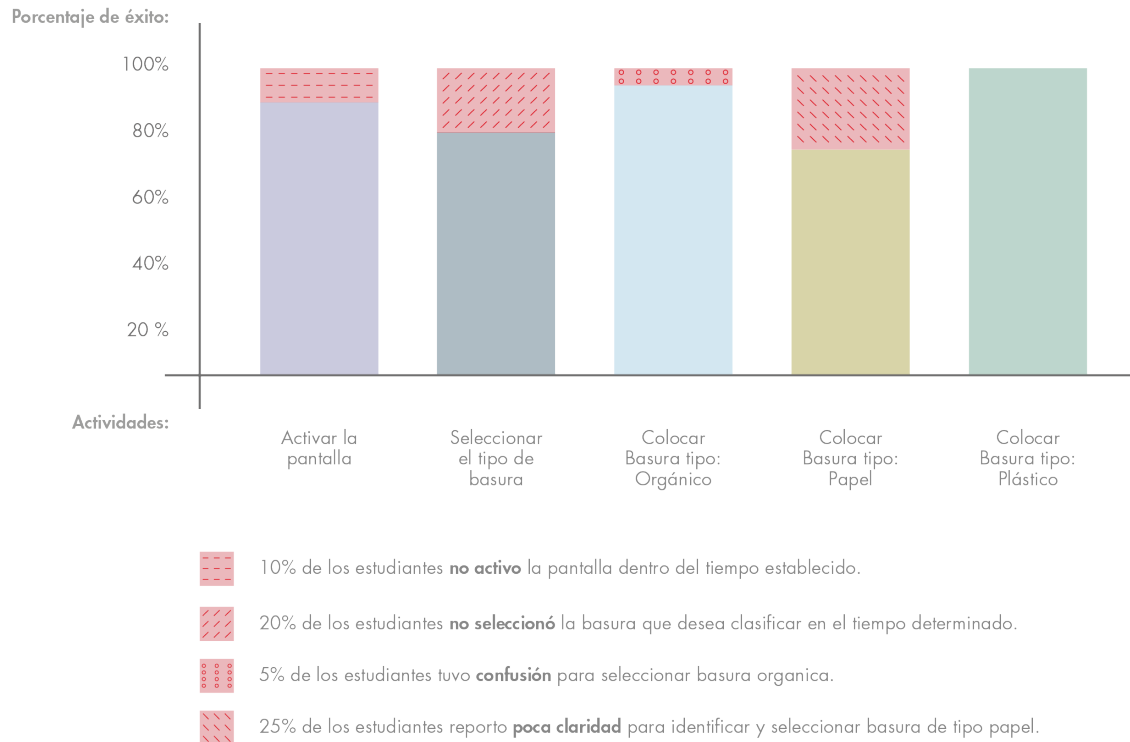


Figura 38 Resultados de la Evaluación
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 39 muestra una gráfica detallada que compara el tiempo promedio real que los niños dedicaron a cada tarea con los tiempos mínimos y máximos estimados para la interacción con el Prototipo Semilla Beta. Los resultados revelan que, mientras la mayoría de las tareas se completaron dentro de los parámetros previstos, las actividades de clasificación de basura tipo orgánico y papel excedieron el tiempo máximo estimado, señalando áreas específicas donde el diseño podría ser mejorado. La eficiencia general en la tarea de 'Colocar Basura tipo Plástico' fue destacable. El gráfico ofrece un análisis visual del tiempo que los niños emplearon en cada actividad con el Prototipo Semilla Beta, destacando la eficiencia de sus interacciones mediante colores que diferencian las métricas de tiempo.

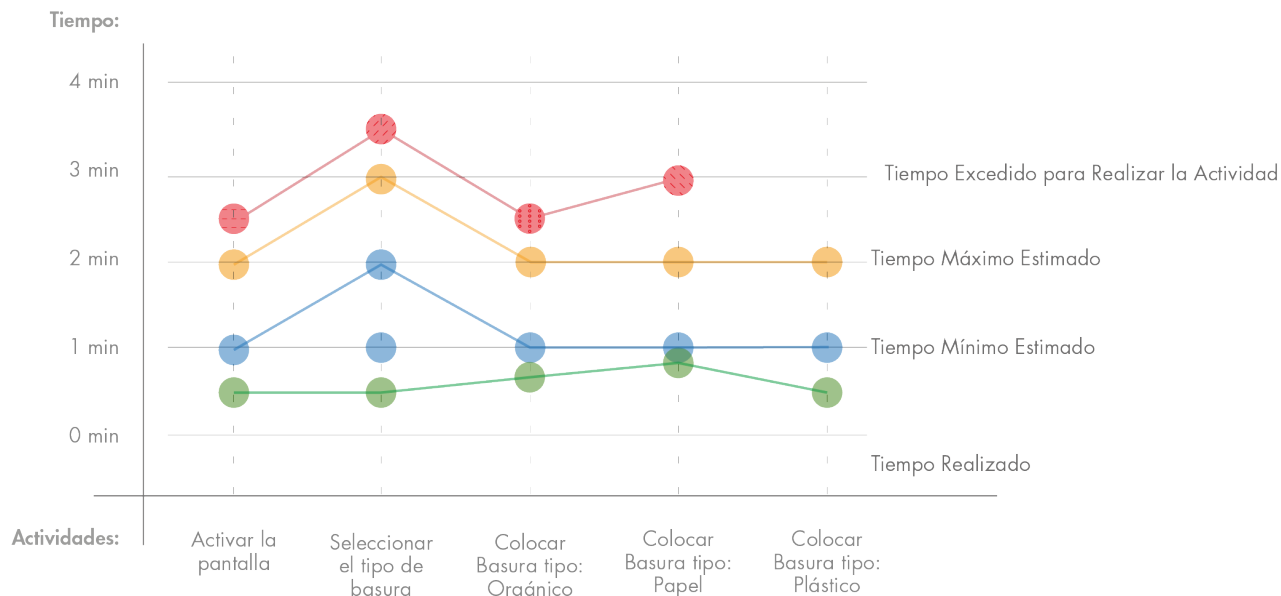


Figura 39 Resultados de la Evaluación en Relación a la Eficiencia
Fuente: Elaboración Propia

La línea verde representa el tiempo promedio real que los niños necesitaron para completar cada tarea. Este dato es clave para comparar con los tiempos estimados y evaluar la eficacia. La línea azul muestra el tiempo mínimo estimado, y la naranja, el tiempo máximo, estableciendo el límite superior aceptable. La línea roja punteada indica los casos donde el tiempo excedió el máximo, lo que señala posibles complicaciones que podrían resolverse con un rediseño. Las tareas de "Activar la pantalla" y "Seleccionar el tipo de basura" tienen tiempos promedios dentro de lo esperado, lo que indica que las interfaces son accesibles e intuitivas. Sin embargo, en "Colocar Basura tipo Orgánico" y, especialmente, "Colocar Basura tipo Papel", el tiempo promedio excede lo estimado, lo que sugiere que estos aspectos podrían mejorarse.

La Figura 40 muestra a un grupo de usuarios realizando las tareas durante una sesión de evaluación de usabilidad. Se destaca la interacción de un niño con el monitor, que muestra un mensaje de agradecimiento del prototipo Semilla Beta. Los resultados de estas pruebas proporcionaron información valiosa sobre cómo los niños perciben y gestionan los elementos de diseño, crucial para futuras iteraciones del prototipo.



Figura 40 Usuarios Evaluando el Prototipo Semilla
Fuente: Elaboración Propia

Las evaluaciones de usabilidad del Prototipo Semilla Beta han proporcionado información valiosa, destacando los puntos fuertes del diseño y áreas de mejora. La interacción intuitiva y las opiniones de los usuarios jóvenes validaron la accesibilidad y el enfoque lúdico de la interfaz, como se muestra en la Figura 40, con los estudiantes inmersos en la clasificación de residuos. La facilidad con que los niños realizan tareas de activación y selección de categorías demuestra que la interfaz es acogedora. Sin embargo, las dificultades en la clasificación de residuos orgánicos y de papel indican oportunidades para mejorar la experiencia..

5.2. Refinamiento de Diseño

Al adentrarse en la sección "Refinamiento de Diseño", se busca utilizar los hallazgos de evaluaciones para refinar el prototipo. Se integraron las percepciones obtenidas con el fin de mejorar la claridad, incrementar la confianza en la clasificación de residuos y promover una actitud positiva y proactiva hacia el reciclaje entre los usuarios.

La iteración emerge como un componente crucial en la búsqueda de un diseño centrado en el usuario, con el compromiso de ajustar el prototipo Semilla Beta hasta que el proceso de clasificación resulte intuitivo en la mayor escala posible. Dentro de este contexto, la realización de un render visual detallado del contenedor interactivo antes de la construcción del prototipo físico se ha revelado esencial, como se ilustra en la Figura 41.



Figura 41 Render el Prototipo Semilla .. para Evaluación
Fuente: Elaboración Propia

Este paso permite evaluar y optimizar el diseño, asegurando que todos los elementos sean accesibles y atractivos para los niños. El prototipo fue validado con usuarios secundarios, tres profesores de educación básica, quienes aportaron críticas para mejorar la funcionalidad educativa. Este render actúa como una validación previa para ajustes rápidos. No se implementaron cambios en áreas con oportunidades de mejora, ya que el enfoque principal es evaluar el desempeño global. Mejorar la funcionalidad y la interactividad sin incurrir en altos costos maximiza la eficiencia, alineando las necesidades de los usuarios con el producto final. La Figura 42 muestra el prototipo Brote Alfa, la materialización del render previo. Se utilizó para pruebas de tareas especificadas en el laboratorio de usabilidad de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Para estas pruebas, se instaló equipo especializado, cuyos detalles se encuentran en la ficha técnica de la Tabla 30.

Tabla 30 Ficha Técnica para la Evaluación del Prototipo Semilla Beta
Fuente: Elaboración Propia

| Aspectos de la Prueba | Detalle |
|-------------------------------|---------------------|
| Perfil de Usuario | Niña 6 años de edad |
| Número total de participantes | 1 |
| Duración del estudio | 45 minutos |
| Metodología Utilizada | Observación Directa |

Durante la evaluación, participó una usuaria de 6 años, quien realizó las tareas designadas. Este proceso permitió observar la interacción con el prototipo en un entorno controlado, facilitando la recolección de datos sobre la usabilidad y efectividad del diseño para fomentar la clasificación de residuos. Esta evaluación práctica es esencial para validar la funcionalidad del prototipo y asegurar que satisface las necesidades de los usuarios jóvenes.



Figura 42 Usuario en Prueba de Usabilidad en el Laboratorio Usalab de la UTM
Fuente: Elaboración Propia

El gráfico de la Figura 43 muestra claramente el progreso de la usuaria en las tareas asignadas. Se observa que activar la pantalla y seleccionar el tipo de basura se completaron rápidamente, lo que indica una interfaz intuitiva y accesible. Sin embargo, hubo un pico significativo en el tiempo para colocar basura tipo papel, destacando una área crítica que requiere atención. Este aumento resalta los resultados del prototipo Semilla Beta.

Estos datos son clave para hacer ajustes en el diseño del contenedor, con un enfoque en la interfaz gráfica. Esto asegura que el contenedor cumpla con los estándares ergonómicos y optimice la experiencia del usuario. La adaptación constante basada en retroalimentación y datos medibles es crucial para equilibrar funcionalidad y accesibilidad en su uso educativo y práctico.

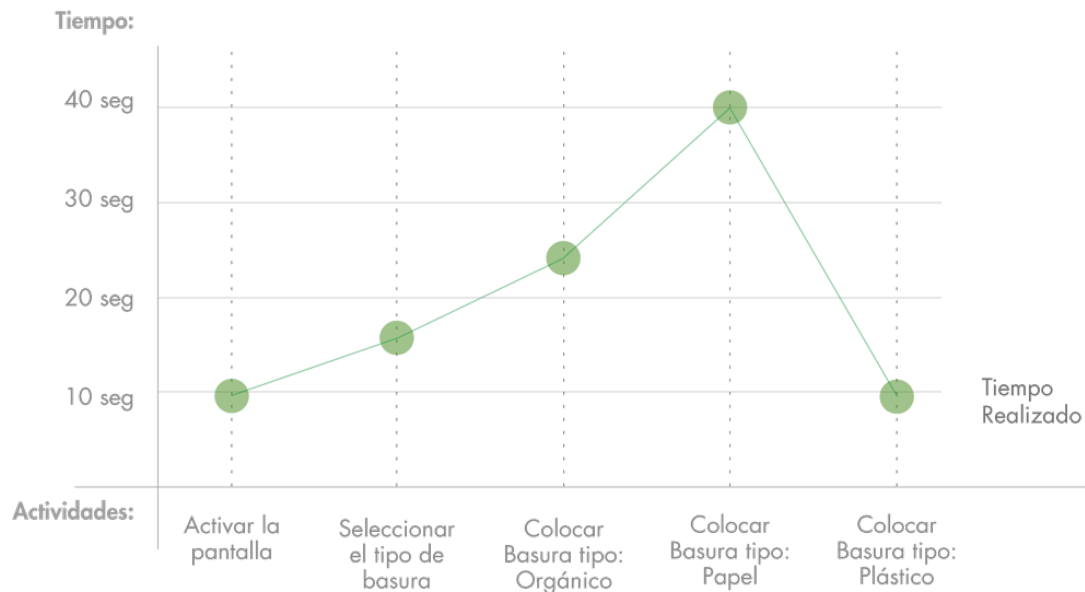


Figura 43 Resultados de la Prueba de Usabilidad en Relación a la Eficiencia
Fuente: Elaboración Propia

Las evaluaciones de los prototipos Semilla Beta y Brote Alfa confirman la necesidad de optimizar la interfaz gráfica, especialmente los iconos para la basura orgánica y papel. Los resultados, como muestra la Figura 43, indican que, aunque las tareas de activar la pantalla y seleccionar el tipo de basura fueron eficientes, la colocación de la basura tipo papel mostró tiempos elevados, destacando una oportunidad para mejoras en el diseño gráfico y funcionalidad.

Este patrón subraya la importancia de refinar los elementos gráficos para facilitar una mejor comprensión y una interacción más fluida. La evaluación del prototipo Brote Alfa confirmó que el diseño físico cumple con los estándares ergonómicos. A partir de estos resultados, se realizará el Refinamiento de Diseño II, enfocado en el rediseño de la interfaz.

5.2.1. Optimización de la interfaz

En este apartado, se aborda cómo las interacciones y el *feedback* recogidos de usuarios clave — profesores y alumnos— han sido esenciales para dirigir el proceso de rediseño de la interfaz del prototipo. A través de entrevistas detalladas con estos grupos de usuarios, se han identificado aspectos cruciales que necesitaban ser revisados y mejorados, tales como la paleta de colores, la tipografía y el diseño gráfico de los elementos de la interfaz.

Este proceso colaborativo ha permitido ajustar el diseño para hacerlo más intuitivo, atractivo y funcional, asegurando que las necesidades educativas y las preferencias visuales de los usuarios se reflejen en la interfaz final. A continuación, se presentarán detalladamente los resultados de estas entrevistas y cómo estos *insights* han guiado la evolución del diseño, llegando a una interfaz optimizada que mejora significativamente la interacción del usuario con el contenedor interactivo.

En esta fase del proyecto, se realizó una encuesta dirigida a usuarios secundarios, específicamente a profesores de educación primaria que enseñan a niños de entre seis y ocho años. La metodología empleada para esta encuesta consistió en un formulario en línea, distribuido a través de una plataforma de internet, lo que permitió la participación remota de los docentes. El formulario, que constaba de un total de once preguntas, se encuentra disponible para consulta en el Anexo 1.

El objetivo principal de este formulario era recopilar información detallada sobre las preferencias visuales de los niños en el rango de edad mencionado, desde la perspectiva de los educadores. Se exploraron aspectos como los tipos de imágenes, personajes y estilos gráficos que, según la experiencia de los maestros, son más efectivos para captar la atención de los estudiantes y facilitar su proceso de aprendizaje. Este enfoque proporcionó *insights* valiosos para diseñar elementos visuales atractivos. Estos hallazgos sirvieron de base para diseñar un cuestionario dirigido a los niños de seis a ocho años, los usuarios primarios, con el fin de validar y afinar las observaciones obtenidas de los profesores. Esta recolección de datos secuencial garantizó la optimización de la interfaz.

El análisis del cuestionario aplicado a profesores de educación primaria reveló tendencias significativas en cuanto a las preferencias y observaciones de los docentes sobre los estilos visuales que más impactan y capturan la atención de los estudiantes entre seis y ocho años. Los maestros destacaron la importancia de utilizar colores vivos, personajes atractivos y tipos de letra claros para mantener el interés y facilitar el aprendizaje de los niños.

A partir de estos hallazgos, se hizo evidente la necesidad de diseñar un cuestionario enfocado directamente en las percepciones y preferencias de los niños, que son los usuarios finales de la interfaz. Se decidió que este cuestionario debía ser simple, directo y visualmente atractivo para garantizar su efectividad y obtener respuestas auténticas de los niños. Por lo tanto, se formuló un cuestionario con solo tres preguntas fundamentales que abordaban los aspectos más destacados por los maestros: la selección de la paleta de colores preferida, el estilo de dibujo más atractivo y el tipo de letra que encontraban más legible. Esta aproximación simplificada permitió validar las observaciones de los maestros de manera eficiente y directa, asegurando que el diseño final de la interfaz se alinee con las verdaderas preferencias y necesidades de los estudiantes.

Este proceso secuencial y fundamentado en la evidencia refleja un compromiso con el diseño centrado en el usuario, donde las decisiones se basan en datos concretos y retroalimentación directa de ambos grupos de usuarios: profesores y estudiantes. De esta forma, se optimiza la interfaz para mejorar la interactividad y la experiencia educativa de los niños.

Basándose en los resultados del primer cuestionario aplicado a maestros de educación primaria, se diseñó un segundo cuestionario específicamente dirigido a evaluar las preferencias visuales de los niños de seis a ocho años. Este segundo cuestionario se enfocó en tres aspectos clave fundamentales para la interfaz del contenedor interactivo: la selección de colores, los estilos de dibujo y los tipos de letra.

El cuestionario fue aplicado en tres grupos distintos de una escuela primaria pública, correspondientes a los primeros, segundos y terceros años. Los profesores de estos grupos administraron los cuestionarios a los estudiantes, lo que permitió una recopilación de datos en un ambiente controlado y familiar para los niños.

Los resultados del segundo cuestionario, visualizados en la gráfica adjunta, revelaron que:

- El 75% de los niños prefirió la paleta de colores brillantes, indicando una clara preferencia por colores vivos y saturados que capturan la atención y potencialmente mejoran la interacción.
- El 65% se inclinó por un estilo de dibujo caricaturesco y colorido, como el del personaje de jirafa con libros, sugiriendo que los estilos gráficos más amigables y divertidos son más efectivos para mantener su interés.
- Aproximadamente el 50% de los niños eligió el tipo de letra mostrado, resaltando la importancia de una tipografía clara y legible que facilita la lectura y comprensión en esta etapa de desarrollo.

Estos datos son cruciales para la implementación de ajustes iterativos en el diseño del contenedor interactivo, con un enfoque principal en la mejora de la interfaz gráfica. Detalles adicionales sobre este cuestionario se encuentran en la sección del Anexo 2.

En el contexto de la metodología de *Design Thinking*, los hallazgos del cuestionario aplicado a niños de Seis a Ocho años son fundamentales para la iteración del proceso de prototipado del contenedor interactivo. Los *insights* obtenidos sobre las preferencias visuales de los niños, que incluyen colores favoritos, estilos de dibujo y tipos de letra, permiten optimizar el contenedor para captar su atención y facilitar una clasificación de residuos más precisa. Utilizando estos resultados, la siguiente iteración del prototipado ajustó el diseño propuesto según la sección 4.2.5.3. Este paso involucra la creación de un sistema de diseño que integre directamente las preferencias visuales de los usuarios, mejorando significativamente la eficacia y la interactividad del contenedor.

El cuestionario presentado en la imagen del Anexo 3 es una herramienta esencial en el proceso de iteración de diseño enfocado en mejorar la usabilidad y eficiencia del contenedor interactivo. Su objetivo principal es evaluar y seleccionar los iconos que los niños de primer año de primaria identifican con mayor facilidad, especialmente en las categorías de residuos orgánicos y papel.

En la Figura 44, se muestran los iconos seleccionados por los niños para cada categoría de residuos en el contenedor interactivo. El 80% prefirió el icono de papel con un documento. Para residuos orgánicos, el 60% eligió una manzana, y el 70% seleccionó una botella estilizada para plásticos. Los iconos que representaban objetos comunes fueron los más efectivos para comunicar la categoría adecuada a los niños.

Resultados de la Encuesta sobre Preferencias de Iconos

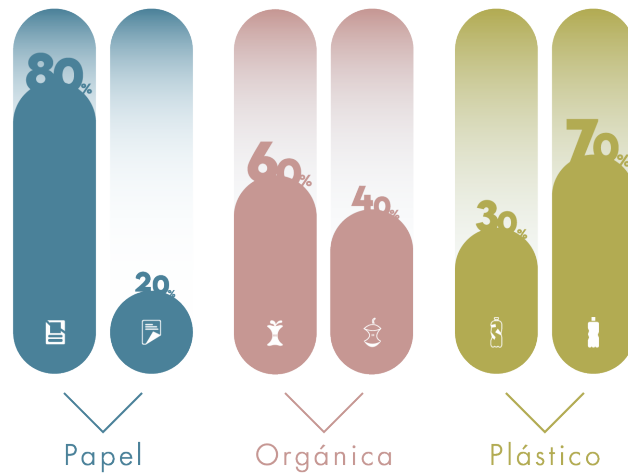


Figura 44 Resultados de la Encuesta sobre Preferencias de Iconos por Niños
Fuente: Elaboración Propia

Estos datos sugieren una clara preferencia por iconos que representan de manera más directa y literal los objetos más comúnmente asociados con cada tipo de residuo.

5.2.2. Sistema de Diseño

En el contexto de este proyecto, el "Sistema de Diseño" se refiere a un conjunto coherente de estándares, prácticas y criterios estéticos que guían la creación y la iteración del contenedor interactivo. Un sistema de diseño es fundamentalmente un conjunto de estándares interrelacionados destinados a gestionar el diseño y garantizar la coherencia en los productos. Incluye una biblioteca de componentes visuales y de código, así como pautas de diseño y las mejores prácticas que mantienen un diseño coherente y eficiente a través de diferentes productos y plataformas (Kholmatova, 2017).

El sistema de diseño se desarrolló a partir de los resultados obtenidos de los cuestionarios 2 y 3, que investigaron las preferencias de los niños en cuanto a colores, tipos de letra, estilos de dibujo, y propusieron nuevos iconos para mejorar la interacción con el contenedor. Este sistema funcionó como la columna vertebral del proceso de desarrollo del prototipo. En el siguiente apartado, se detalla el desarrollo de iconos, influenciado directamente por las respuestas de los usuarios acerca de la claridad con la que identifican los iconos.

5.2.2.1. Biblioteca de Componentes Visuales

Este apartado se muestra el desarrollo del sistema de iconos, que se realizó utilizando un software editor de gráficos vectoriales. Este proceso permitió integrar de manera cohesiva los componentes fundamentales del diseño de la interfaz, tales como los colores, la tipografía y las pautas establecidas para la línea gráfica.

En la Figura 45 se presenta el icono más votado por los usuarios para la sección de residuos de papel, elegido en respuesta a la baja aceptación del icono previo en pruebas anteriores. Este icono, que simboliza una hoja de papel rota o ya utilizada. A la derecha de la imagen, se detallan las pautas específicas para su reproducción. Estas incluyen las dimensiones precisas, los ángulos de las líneas y las proporciones de los elementos del icono, asegurando su consistencia y precisión en diversas aplicaciones

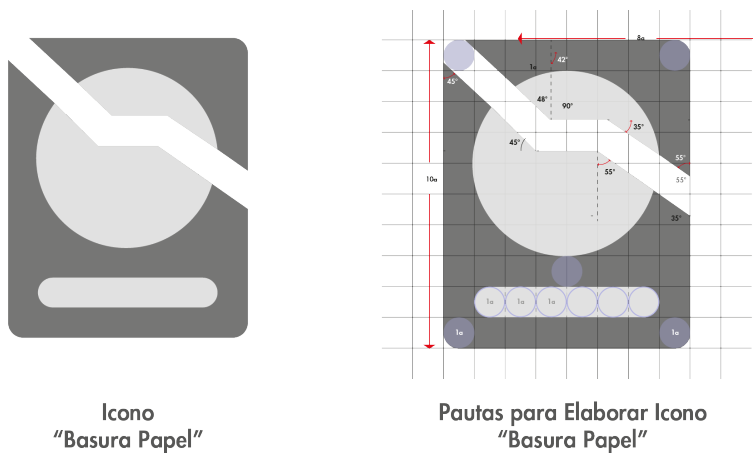


Figura 45 Icono Final para Residuos de Papel y Directrices de Diseño Detalladas
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 46 se presenta el icono final para la sección de residuos orgánicos, desarrollado como resultado de las directrices de diseño detalladas. A la derecha de la imagen, se especifican las pautas geométricas y proporciones necesarias para su correcta reproducción.

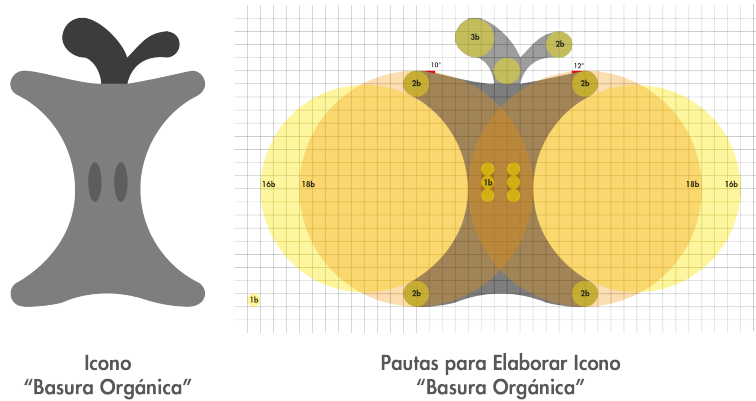


Figura 46 Icono Final para Residuos Orgánicos y Directrices de Diseño Detalladas
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 47 muestra el icono diseñado para identificar la basura plástica, representado por una botella. La forma intuitiva y familiar facilita a los usuarios identificar rápidamente el tipo de residuos a depositar en esta sección. A la derecha se detallan las pautas para la elaboración del icono, incluyendo dimensiones y disposición visual. Las medidas como la altura total de 21c y la secuencia de círculos que forman la botella garantizan la uniformidad y coherencia del diseño en sus aplicaciones.

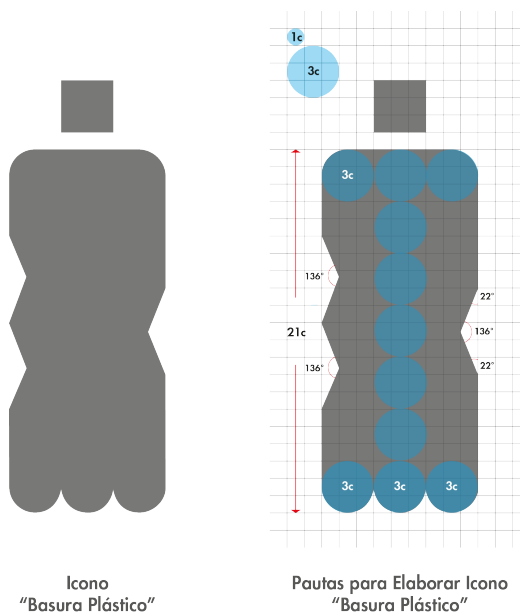


Figura 47 Icono Final para Residuos Plásticos y Directrices de Diseño Detalladas
Fuente: Elaboración Propia

5.2.2.2. Paleta de Colores

En el desarrollo del sistema de diseño del proyecto, la selección de la paleta de colores ha sido un paso fundamental para asegurar una comunicación visual coherente y atractiva. Como se muestra en las Figuras 48 y 49, se han diseñado dos paletas de colores comprensivas: una centrada en colores neutros y otra en colores primarios y complementarios, cada una con propósitos específicos dentro del diseño.

Se eligió el color Naranja Brillante como el color primario. Este color se utilizó para destacar elementos interactivos y áreas de importancia, aprovechando su visibilidad y energía para guiar la interacción del usuario. Los colores Azul Real, Rojo Coral y Verde Lima fueron seleccionados como colores complementarios, proporcionando un contraste saludable y siendo empleados para señalar acciones y categorías dentro de la interfaz.

Además, la paleta incluye una gama de tonos suaves, desde el Marfil Suave hasta tonos más oscuros. Estos colores sirven para equilibrar las vibraciones más intensas de los colores complementarios y se utilizan principalmente en fondos, rellenos y como colores de soporte, garantizando una lectura visual cómoda y sin distracciones.

Paleta de Color

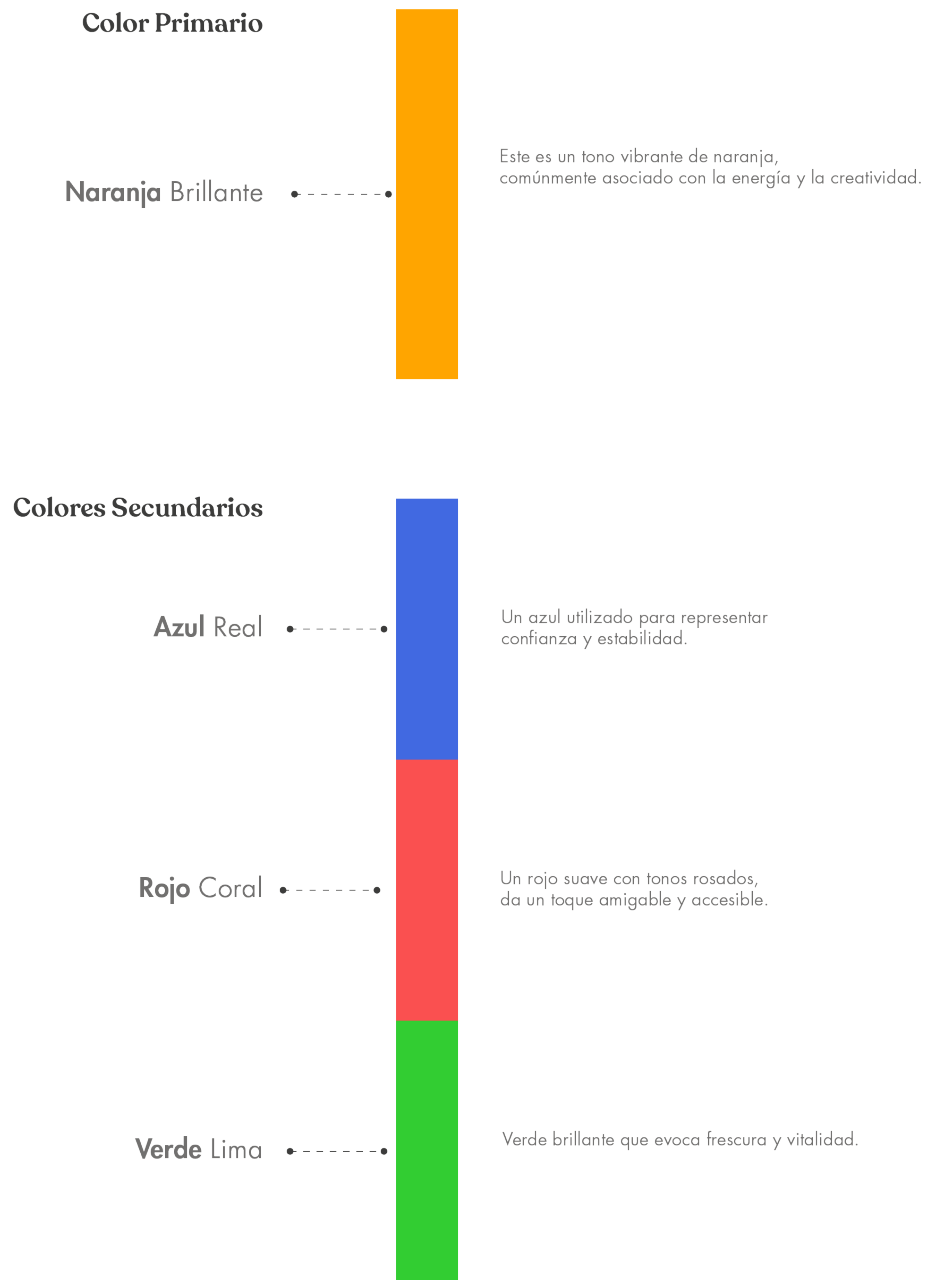


Figura 48 Paleta de Colores Primarios y Secundarios
Fuente: Elaboración Propia

Paleta de Color

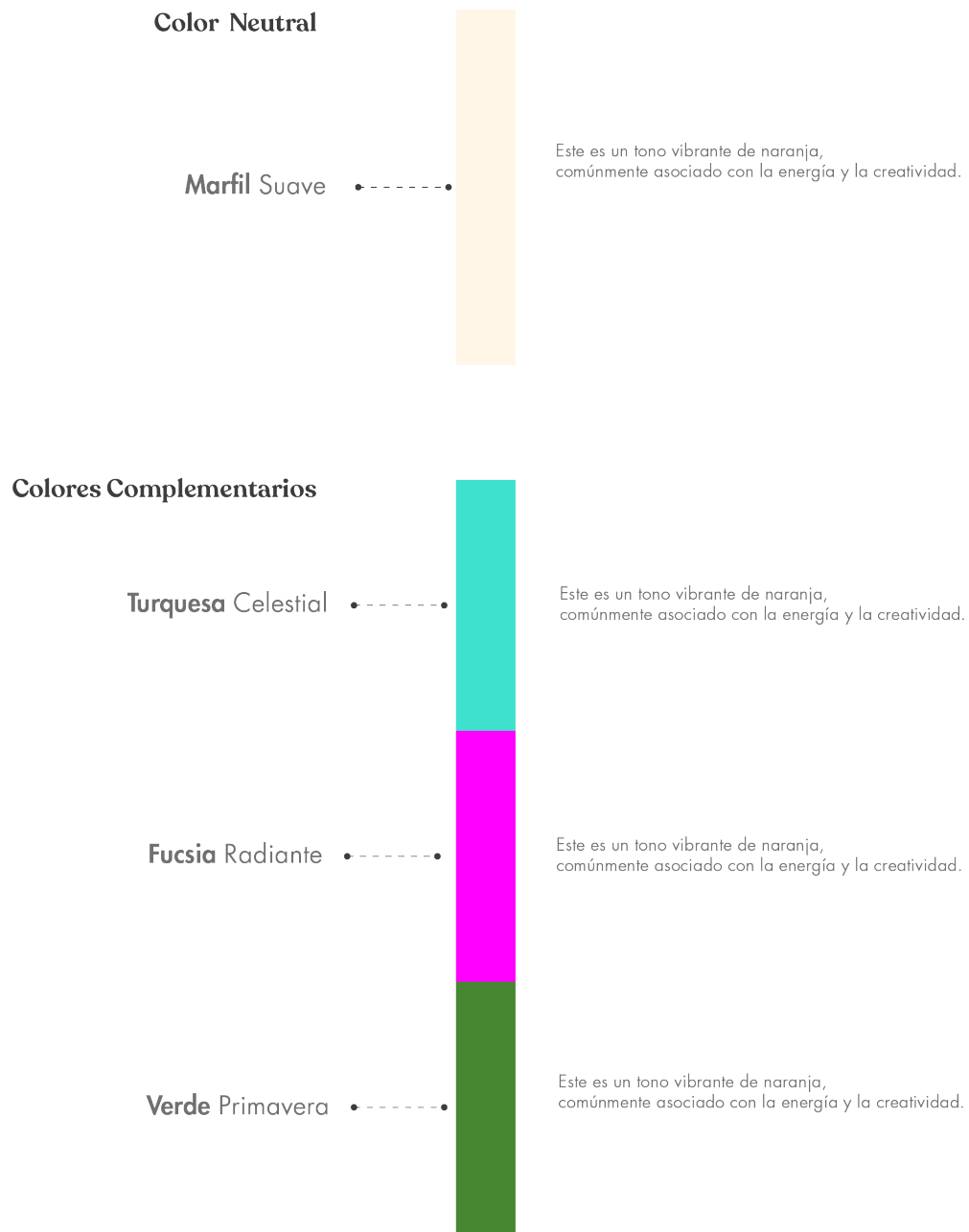


Figura 49 Paleta de Colores Neutrales y Complementarios
Fuente: Elaboración Propia

5.3. Mejora y Evaluación Continua

El proceso de mejora continua es un componente esencial en el desarrollo del prototipo de contenedor interactivo, destinado a garantizar que cumpla con los estándares de usabilidad y accesibilidad. Este proceso implica una serie de iteraciones basadas en pruebas de usabilidad retroalimentación constante de los usuarios, en este caso, niños de 6 a 8 años. La mejora continua no solo busca optimizar la funcionalidad y la estética del prototipo, sino también asegurar que la interfaz sea intuitiva, accesible y atractiva para los niños, facilitando así el aprendizaje y la interacción.

La Figura 50 muestra una comparación entre la primera propuesta de la interfaz y la propuesta de iteración resultante de la investigación y las mejoras implementadas en los apartados anteriores. En la primera propuesta, se presentó una pantalla de inicio con un fondo amarillo sólido y un botón de reproducción centrado en la parte inferior de la pantalla. El botón, de color rojo con un icono de reproducción blanco, estaba acompañado de dos grandes ojos y una sonrisa, creando una figura amigable y sencilla.

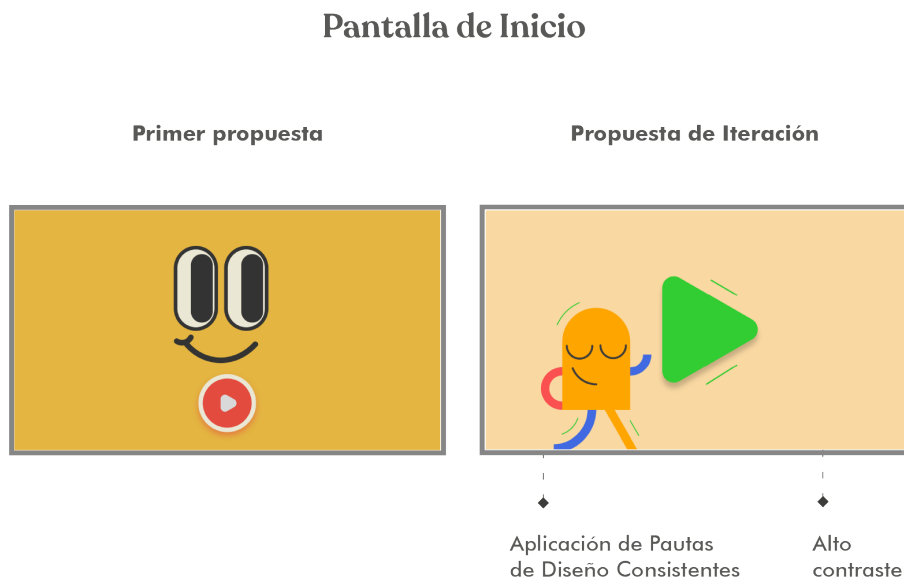


Figura 50 Comparación de la Pantalla de Inicio: Propuesta Inicial vs. Propuesta de Iteración

Fuente: Elaboración Propia

En la iteración, hubo una evolución significativa en el diseño. La pantalla de inicio mantuvo un fondo claro, pero se realizaron varios cambios para mejorar la usabilidad. Se introdujo un personaje animado que interactúa con un botón verde más grande y visible. Este cambio, junto con un alto contraste,

mejoró la visibilidad y la atracción del elemento interactivo, asegurando que la interfaz fuera más accesible para los niños.

La Figura 51 muestra la evolución de la pantalla de selección desde la propuesta inicial hasta dos versiones. La primera tenía un fondo amarillo y tres botones pequeños con bajo contraste. En la versión 1, se mejoraron los contrastes, se aumentó el tamaño de los botones y se añadió un botón de deshacer. La versión 2 añadió más elementos gráficos, haciendo la interfaz más informativa pero visualmente más cargada.

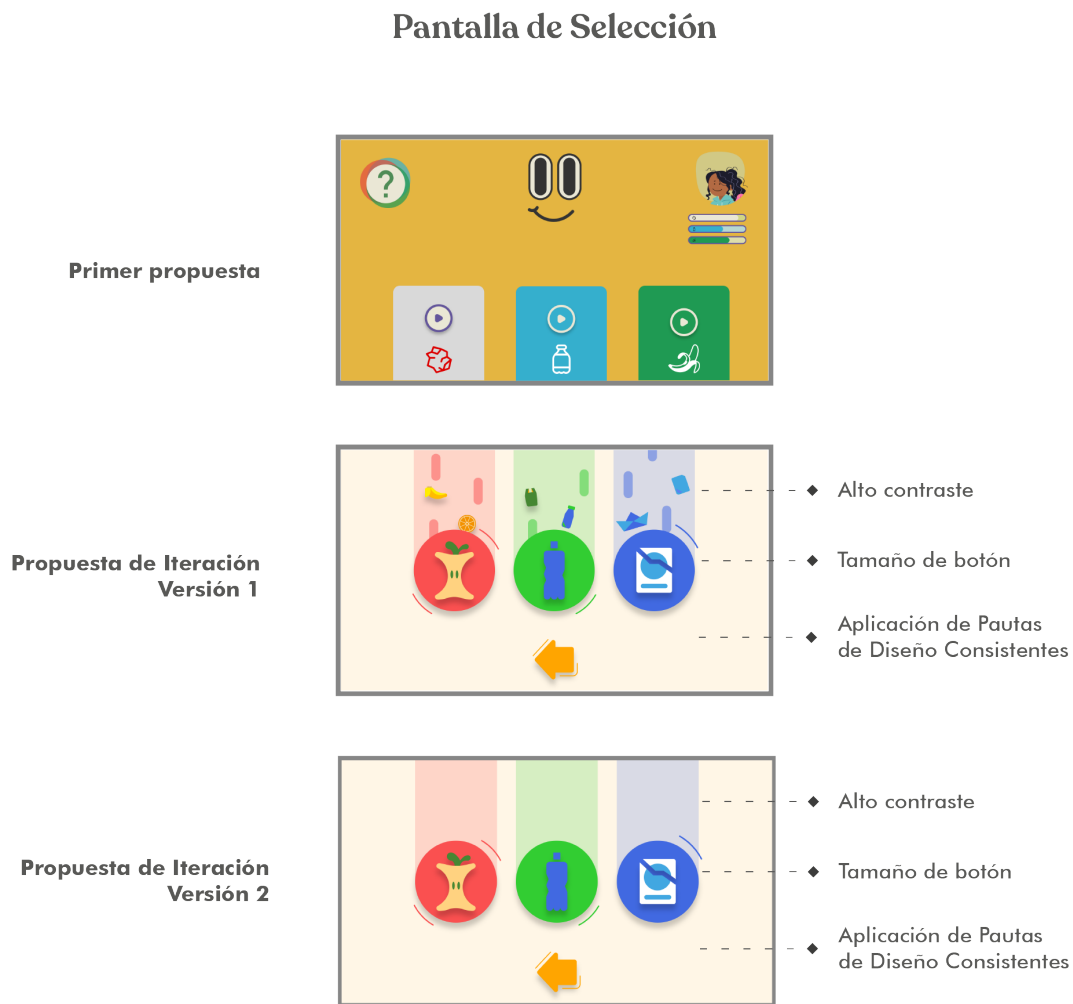


Figura 51 Comparación de la Pantalla de Selección: Propuesta Inicial vs. Iteraciones
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 52, 53 y 54 muestra las pantallas para la clasificación de los distintos desechos, como se observa para estas secciones también se realizaron dos versiones para que las evaluarán los usuarios.

Pantalla para Clasificación de Basura Plástico

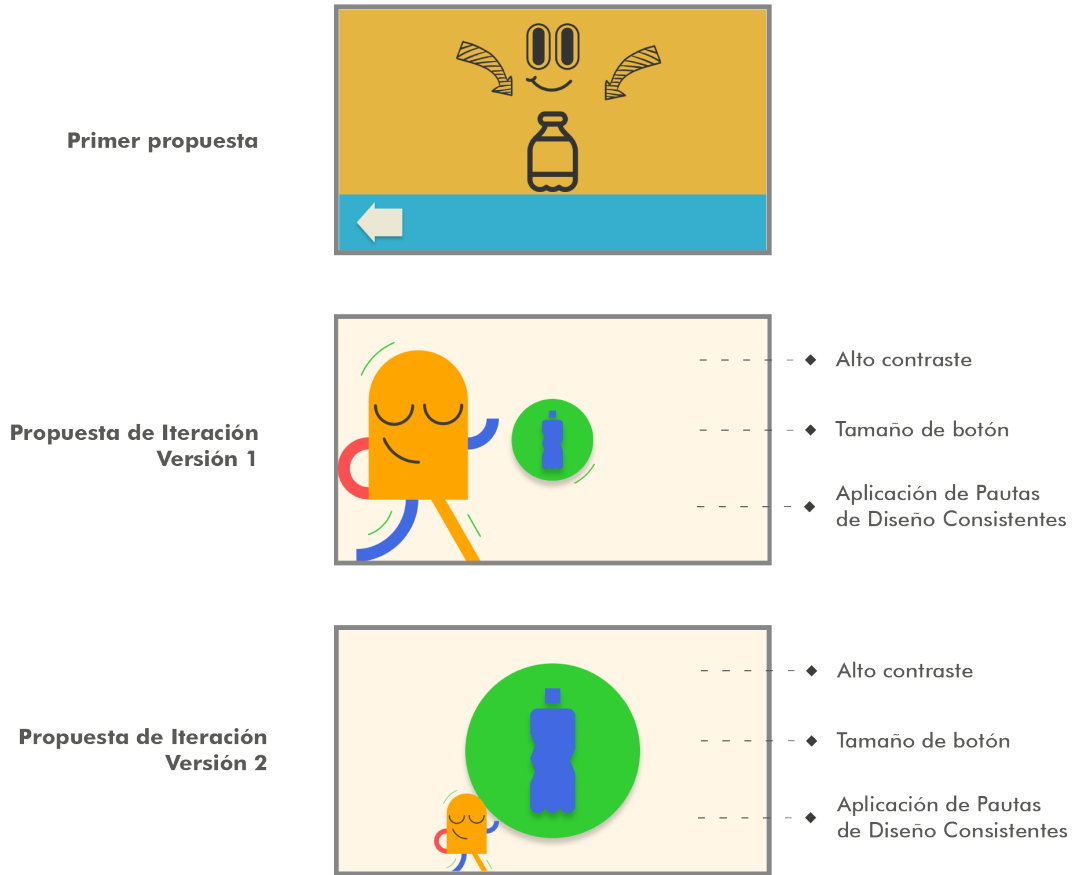


Figura 52 Pantalla para Clasificación de Desechos Plásticos
Fuente: Elaboración Propia

Pantalla para Clasificación de Basura Orgánica

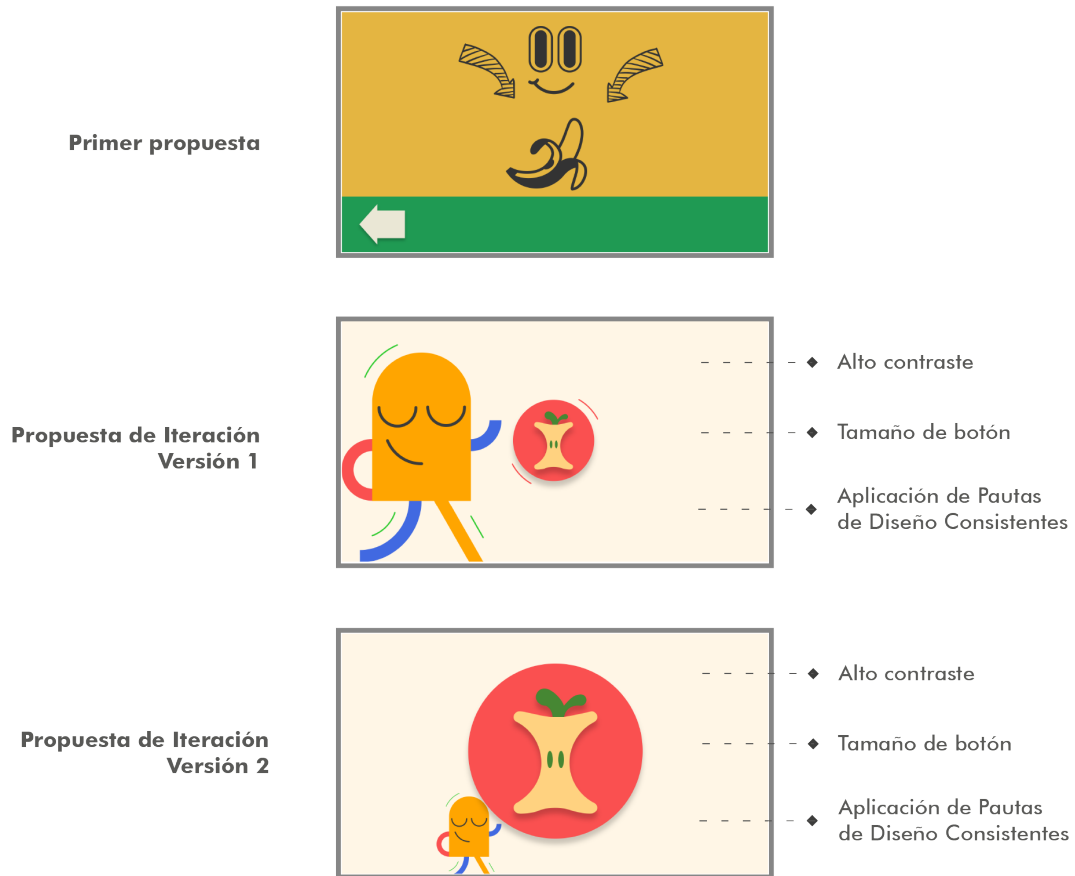


Figura 53 Pantalla para Clasificación de Desechos Orgánicos
Fuente: Elaboración Propia

Pantalla para Clasificación de Basura Papel

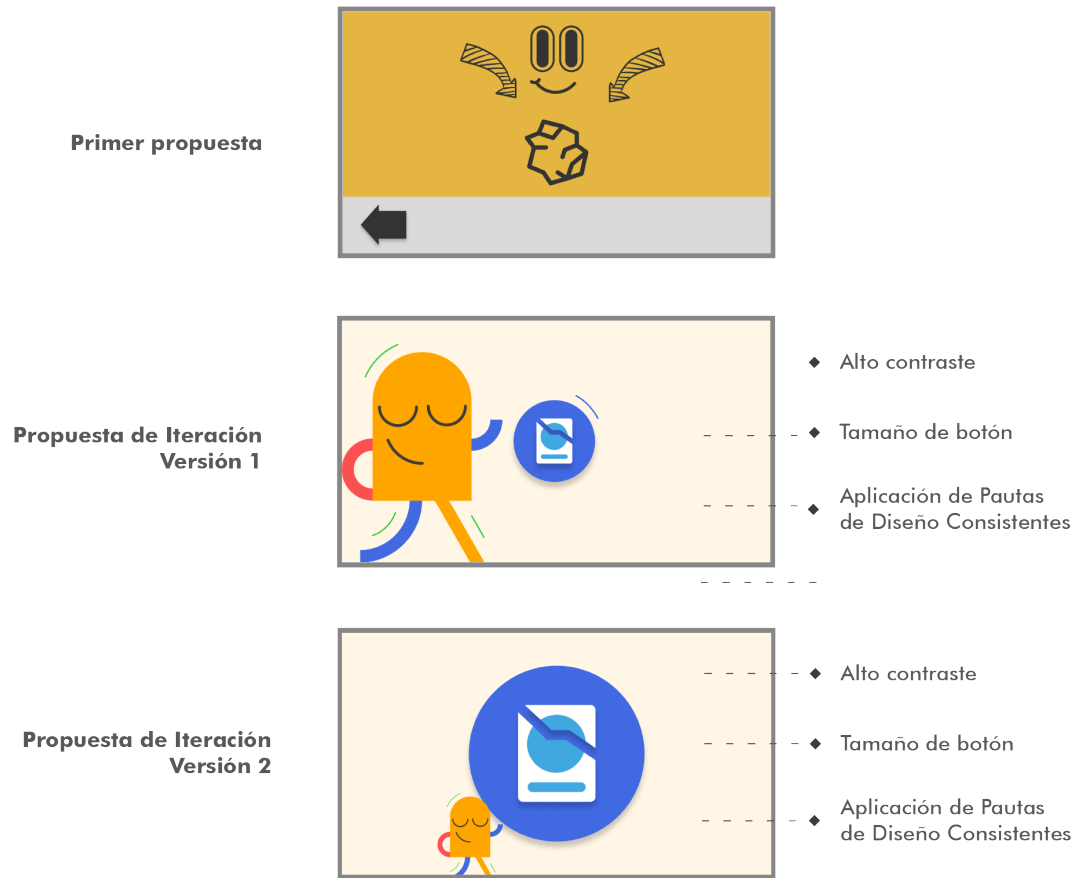


Figura 54 Pantalla para Clasificación de Desechos de Papel
Fuente: Elaboración Propia

5.3.1. Evaluación Interfaz

El proceso de evaluación continua involucró pruebas de usabilidad realizadas en el Laboratorio de Usabilidad UsabLab en la Universidad Tecnológica de la Mixteca. El objetivo de estas pruebas fue evaluar las nuevas propuestas de la interfaz y obtener la opinión de los usuarios primarios, una niña de 6 años y un niño de 7 años, proporcionando una visión amplia y representativa para la evaluación. Las pruebas consistieron en realizar cinco tareas previamente definidas, con la participación de un director de prueba y un facilitador. Se utilizó equipo técnico como cámara, micrófono y pantalla táctil. Cada sesión de prueba duró 30 minutos por usuario.

El prototipo se presentó en dos versiones diferentes, y los usuarios evaluaron cada una. Se les preguntó por sus preferencias en la pantalla de selección, donde ambos coincidieron en que preferían la versión 2, ya que les resultaba visualmente más atractiva y proporcionaba mayor información sobre los desechos que podían colocar. Para la evaluación de las pantallas de clasificación de cada tipo de desecho (plástico, papel y orgánico), también mostraron una inclinación hacia la versión 2, que presentaba iconos proporcionalmente más grandes. Un comentario adicional de un usuario sugirió que el personaje también debería ser más grande.

Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de usabilidad UsabLab. Durante la prueba, se mostró a los usuarios las interfaces del contenedor que reflejaban las cinco tareas, en la Tabla 31 se observa la Ficha Técnica del Estudio. La facilitadora, utilizando un cuestionario semiestructurado, preguntó a los usuarios sobre aspectos como los colores, el estilo de los gráficos y el nivel de entendimiento de cada apartado. Después de mostrar la versión 2 de las interfaces, se les cuestionó sobre los mismos temas y se les pidió comparar ambas propuestas y elegir su preferida, explicando sus decisiones.

Tabla 31 Ficha Técnica para la Evaluación de la Interfaz
Fuente: Elaboración Propia

| Aspectos de la Prueba | Detalle |
|-------------------------------|--|
| Perfil de Usuario | Niña de 6 años de edad, Niño de 7 años de edad |
| Número total de participantes | 2 |
| Duración del estudio | 30 minutos por usuario |
| Metodología Utilizada | Observación Directa, Cuestionario Semiestructurado |

Las Figuras 55 y 56 muestran a los usuarios interactuando con las interfaces del prototipo durante las pruebas en el laboratorio. Se observa cómo los usuarios realizaron las tareas asignadas y proporcionaron su feedback sobre las diferentes versiones del prototipo.

Pruebas en Laboratorio de Usabilidad UsaLab

Pantallas de Selección



Usuario 1
Niña 6 años

Usuario 2
Niño 7 años

Figura 55 Pruebas de Usabilidad en el Laboratorio de Usabilidad UsaLab
Fuente: Elaboración Propia

Pruebas en Laboratorio de Usabilidad UsaLab

Pantallas para Clasificación



Usuario 1
Niña 6 años

Usuario 2
Niño 7 años

Figura 56 Pruebas de Usabilidad en el Laboratorio de Usabilidad UsaLab
Fuente: Elaboración Propia

5.3.2. Resultados y Análisis

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de las pruebas de usabilidad. La Figura 57 muestra las preferencias de los usuarios mediante un gráfico que facilita la comparación visual. En el gráfico, del lado izquierdo se enumeran las diferentes pantallas evaluadas por los usuarios. En la parte superior se identifican los usuarios participantes: una niña de 6 años y un niño de 7 años. En la parte inferior se presentan las dos versiones del prototipo para cada pantalla evaluada, a excepción de la pantalla de inicio, que solo tuvo una versión.

Los círculos en el gráfico representan el nivel de aceptación por parte de los usuarios. El tamaño de los círculos indica la preferencia: el círculo más grande corresponde a la opción más preferida, mientras que el círculo más pequeño indica la opción menos preferida.

Para la pantalla de inicio, se muestra un solo círculo ya que no hubo dos versiones para evaluar, indicando que ambos usuarios interactuaron con la misma versión. Este enfoque visual permite identificar de manera clara y rápida cuál versión de cada pantalla fue mejor recibida por los usuarios.

Las pruebas revelaron que la versión 1 de la Pantalla de Selección fue preferida debido a su diseño más atractivo y la información adicional que proporcionaba sobre los desechos que se podían colocar.

Resultados de Prueba de Usabilidad Final



Figura 57 Resultados de la Prueba de Usabilidad
Fuente: Elaboración Propia

Para las pantallas de clasificación de cada tipo de desecho los usuarios marcaron una clara preferencia por la versión 2 que se describe con iconos de mayor tamaño, en la Figura 58 se muestra un mapa de navegación con las pantallas seleccionadas por los usuarios.

Mapa de Navegación

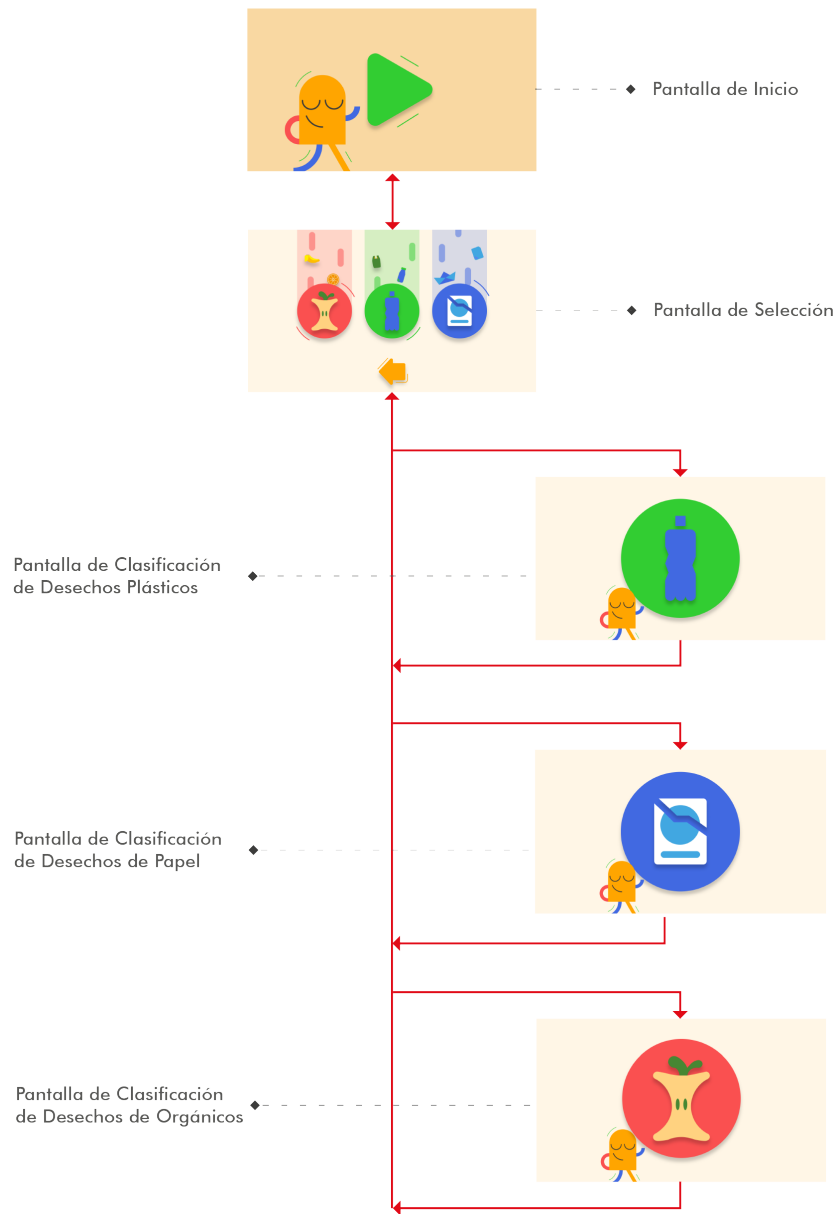


Figura 58 Mapa de Navegación de las Pantallas
Fuente: Elaboración Propia

La evaluación continua, como se demostró en estas pruebas, es fundamental para desarrollar productos que no solo cumplan con los estándares de usabilidad y accesibilidad, sino que también sean intuitivos y atractivos para los usuarios finales. Los hallazgos de esta sección destacan el éxito del enfoque de diseño iterativo utilizado y la relevancia de adaptar las interfaces según las necesidades y preferencias específicas de los usuarios infantiles.

5.4. Conclusión

En el Capítulo V se presentaron las evaluaciones de usabilidad y la iteración del diseño del Prototipo Semilla Beta, diseñado para mejorar la clasificación de residuos entre niños de seis a ocho años en un entorno escolar. La investigación destacó la importancia de la retroalimentación de los usuarios en la iteración del diseño, utilizando entrevistas, encuestas y la técnica del "Mago de Oz". Esta metodología permitió obtener una visión integral de la usabilidad, funcionalidad y estética del prototipo.

Las evaluaciones iniciales revelaron alta eficiencia en tareas como la activación de la pantalla y la selección de tipo de basura, pero también identificaron desafíos importantes en la clasificación de residuos de papel. Estas observaciones impulsaron refinamientos en el diseño, centrados en mejorar la claridad y funcionalidad de la interfaz gráfica.

Se incorporaron perspectivas de usuarios secundarios, como profesores de educación básica, para asegurar que el diseño fuera tanto funcional como educativo. Las preferencias visuales de los niños, recogidas a través de cuestionarios, fueron clave para optimizar la interfaz, lo que llevó a ajustes en colores, tipografía e iconos.

La evaluación continua y el enfoque iterativo permitieron identificar áreas clave de mejora, asegurando que el prototipo final cumpliera con los estándares ergonómicos y proporcionara una experiencia de usuario intuitiva y atractiva. Este enfoque resaltó la importancia de adaptar el diseño a las necesidades infantiles, logrando un equilibrio entre funcionalidad y accesibilidad. Las iteraciones basadas en datos empíricos garantizaron que el Prototipo Semilla Beta evolucionara para satisfacer mejor las necesidades de su audiencia objetivo.

6. Capítulo VI | Lecciones Aprendidas

Este capítulo tuvo como objetivo principal analizar y reflexionar sobre las lecciones aprendidas a lo largo del desarrollo de esta investigación sobre la gestión de residuos plásticos en escuelas primarias públicas mediante un contenedor interactivo de bajo presupuesto. Este análisis se realizó a través de la relación de los hallazgos con la teoría y los métodos discutidos previamente, la justificación de las conclusiones alcanzadas y la identificación de brechas en la literatura. Se buscó proporcionar una visión integral de los conocimientos adquiridos y las experiencias vividas durante el proyecto. Esta reflexión fue fundamental no solo para validar los resultados obtenidos sino también para identificar áreas de mejora y oportunidades para futuras investigaciones.

6.1. Relación de los hallazgos con la Hipótesis de la investigación y objetivos

Aunque la hipótesis inicial plantea que "al utilizar un contenedor interactivo que promueve la cultura del reciclaje a través de contenido multimedia, los niños de nivel primaria de seis a ocho años de una escuela en Huajuapán de León aprenderán a identificar y clasificar plásticos comunes en su entorno escolar, comprendiendo así la importancia general del reciclaje de plásticos", durante el desarrollo del proyecto se decidió ampliar el enfoque para clasificar los tres tipos de basura más comunes en las escuelas: orgánico, papel y plásticos. Esta decisión se tomó basada en los argumentos sólidos. En el contexto educativo de niños de seis a ocho años, es crucial simplificar los conceptos para facilitar el aprendizaje. Limitarse exclusivamente a los plásticos podría generar confusión, ya que los niños pueden encontrar diferentes tipos de desechos en su entorno diario. Introducir una clasificación más amplia permite a los estudiantes entender y aplicar el concepto de reciclaje de manera más holística y práctica.

La mayoría de las escuelas generan una variedad de desechos, no solo plásticos. Al enseñar a clasificar orgánicos, papel y plásticos, los niños desarrollan habilidades prácticas que pueden aplicar en diferentes contextos, tanto dentro como fuera del entorno escolar. Esto no solo fortalece su comprensión del reciclaje, sino que también los capacita para contribuir de manera más efectiva a la gestión de residuos en su comunidad. Promover la clasificación de tres tipos de basura refuerza la cultura del reciclaje de una manera más integral. Los niños aprenden a identificar y separar diferentes tipos de desechos, lo que fomenta una mentalidad más consciente y responsable hacia el manejo de residuos en general. Este

enfoque integral ayuda a consolidar hábitos positivos y sostenibles desde una edad temprana. Diversos estudios en educación ambiental sugieren que la introducción gradual y contextualizada de conceptos complejos facilita el aprendizaje. Clasificar solo plásticos podría limitar el espectro de conocimiento adquirido por los estudiantes. En cambio, una clasificación más amplia permite un aprendizaje más completo y robusto, alineándose mejor con los objetivos pedagógicos de fomentar una comprensión global del reciclaje.

Es importante destacar que esta ampliación en el alcance no afecta negativamente el cumplimiento de la hipótesis original. Al contrario, enriquece la propuesta al ampliar el marco de aprendizaje. Aunque el foco inicial estaba en los plásticos, la inclusión de otros tipos de basura no contradice la hipótesis; más bien, expande su aplicabilidad y relevancia. Los niños no solo aprenden a identificar y clasificar plásticos, sino que también adquieren habilidades adicionales en la gestión de otros tipos de desechos. El contenedor interactivo sigue cumpliendo su función de promotor de la cultura del reciclaje a través de contenido multimedia. La ampliación del tipo de residuos clasificados no cambia la naturaleza del dispositivo ni su objetivo educativo; simplemente optimiza el aprendizaje al hacerlo más inclusivo y comprensivo. Un enfoque más amplio facilita la internalización del concepto de reciclaje entre los niños, logrando que comprendan la importancia general del reciclaje de manera más efectiva y aplicable a su vida cotidiana.

La decisión de clasificar los tres tipos de basura más comunes en las escuelas en lugar de enfocarse exclusivamente en plásticos no afectó negativamente el cumplimiento de la hipótesis. Al contrario, esta decisión mejoró la claridad y la efectividad del aprendizaje, asegurando que los niños comprendieran mejor el proceso de clasificación de residuos y la importancia del reciclaje. Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis original y demuestran que el uso del contenedor interactivo es una herramienta eficaz para promover la educación ambiental entre los niños de nivel primario.

6.1.1. Cumplimiento de los Objetivos Específicos

En este apartado se realiza un análisis detallado de cómo se lograron los objetivos específicos planteados en el capítulo introductorio. A través de un enfoque metodológico riguroso, se llevaron a cabo diversas actividades para cumplir con cada objetivo y se evaluaron los resultados obtenidos para determinar su efectividad.

El primer objetivo específico planteado consistió en reconocer el contexto específico de una escuela primaria en Huajuapán de León en relación con la recolección de plásticos y evaluar el uso de la tecnología entre los niños de nivel primario. Para cumplir con este objetivo, se realizó un estudio contextual en una escuela primaria pública de Huajuapán de León, Oaxaca. Se efectuaron entrevistas y encuestas con el personal académico y los estudiantes para comprender su relación con la recolección de plásticos y el uso de tecnologías interactivas.

Los resultados mostraron que los niños tenían una relación limitada con la recolección de plásticos, pero manifestaron un alto interés en el uso de tecnologías interactivas. El estudio reveló que el 70% de los niños prefería aprender sobre reciclaje a través de juegos interactivos y contenido multimedia. Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar herramientas tecnológicas en la educación ambiental. La preferencia de los niños por métodos de aprendizaje interactivos sugiere que el uso de un contenedor interactivo podría ser una estrategia efectiva para aumentar su participación y comprensión del reciclaje.

El segundo objetivo específico consistió en analizar e interpretar los datos obtenidos a través de la investigación para determinar las tendencias, patrones, necesidades y problemas de los usuarios en relación con la clasificación de plásticos. Se utilizaron diversas metodologías de análisis de datos, incluyendo diagramas de afinidad y mapas de empatía para organizar y sintetizar la información recopilada. Estos métodos permitieron identificar patrones y tendencias en las respuestas de los niños y el personal académico.

El análisis de los datos reveló varias tendencias clave, como la preferencia de los niños por elementos visuales y la retroalimentación inmediata. Los mapas de empatía mostraron que los niños se sienten más motivados cuando reciben retroalimentación positiva inmediata. Estos resultados son cruciales para el diseño de herramientas educativas eficaces. La preferencia por elementos visuales y retroalimentación inmediata debe ser considerada en el diseño del contenedor interactivo para maximizar su efectividad y aceptación entre los usuarios jóvenes.

Para generar ideas y conceptos correspondiente al tercer objetivo específico, el contenedor interactivo con contenido multimedia orientado a promover la recolección y clasificación de plásticos entre niños de nivel primario, se emplearon técnicas creativas como SCAMPER y la creación de prototipos de baja fidelidad. Estas técnicas ayudaron a generar y refinar ideas y se realizaron varias iteraciones basadas en la retroalimentación de los usuarios.

Se desarrollaron varios conceptos innovadores que fueron refinados y validados a través de esquemas, bocetos y modelos en papel. Estos conceptos fueron evaluados en un ambiente controlado, lo que permitió iterar y mejorar el diseño del prototipo. El uso de técnicas creativas y la iteración basada en la retroalimentación de los usuarios demostraron ser efectivas para desarrollar un prototipo que responda a las necesidades y preferencias de los niños. La participación activa de los usuarios en el proceso de diseño asegura que el producto final sea funcional y atractivo.

Para cumplir con el cuarto objetivo específico, que es elaborar un prototipo funcional de un contenedor interactivo que promueva la recolección y clasificación de plástico en niños de escuelas primarias de la Ciudad de Huajuapán de León mediante el uso de tecnología y contenido multimedia, se diseñó y desarrolló un prototipo que cumple con los requisitos de accesibilidad, usabilidad y estética. Este prototipo incluye contenido multimedia educativo para enseñar a los niños sobre la importancia de recolectar y clasificar correctamente los residuos.

El prototipo final presentó un diseño amigable para los niños, con elementos visuales y de retroalimentación inmediata. Se desarrollaron modelos de alta fidelidad utilizando software especializado y se realizaron pruebas de usabilidad con usuarios reales. La creación de un prototipo funcional que integra contenido multimedia y diseño centrado en el usuario es un logro significativo. Las pruebas de usabilidad demostraron que el prototipo es efectivo para enseñar a los niños sobre la clasificación de residuos. Para cumplir con el quinto objetivo específico, que es realizar pruebas de usuario con el prototipo de alta fidelidad del contenedor interactivo y evaluar su funcionalidad y eficacia en promover la recolección y clasificación de plástico en niños de escuelas primarias de la Ciudad de Huajuapán de León, se llevaron a cabo pruebas de usabilidad en un entorno escolar real, evaluando la funcionalidad y eficacia del prototipo. Se utilizaron métodos de evaluación como observaciones directas y encuestas pre y post intervención.

Las pruebas mostraron una mejora significativa en la capacidad de los niños para clasificar residuos y una mayor motivación para reciclar. Los datos de las pruebas de usabilidad indicaron que el 85% de los niños completaron las tareas de clasificación con éxito después de usar el prototipo. Estos resultados validan la hipótesis original y demuestran que el contenedor interactivo es una herramienta eficaz para promover la educación ambiental y la cultura del reciclaje entre los niños de primaria. La retroalimentación positiva de los usuarios subraya la importancia de un diseño centrado en el usuario y la inclusión de elementos interactivos.

Estos resultados validan la hipótesis original y demuestran que el contenedor interactivo es una herramienta eficaz para promover la educación ambiental y la cultura del reciclaje entre los niños de primaria. La retroalimentación positiva de los usuarios subraya la importancia de un diseño centrado en el usuario y la inclusión de elementos interactivos.

6.1.2. Impacto General del Estudio

El estudio llevado a cabo presenta un impacto significativo en dos campos cruciales: la educación ambiental y la tecnología educativa. A través del desarrollo y la implementación de un contenedor interactivo con contenido multimedia, se ha demostrado que es posible mejorar la comprensión y la práctica del reciclaje entre los niños de educación primaria. Este enfoque no solo aborda la necesidad inmediata de mejorar la gestión de residuos en las escuelas, sino que también sienta las bases para una generación más consciente y comprometida con la sostenibilidad ambiental.

En el ámbito de la educación ambiental, el estudio subraya la importancia de integrar tecnologías interactivas en el currículo educativo. Tradicionalmente, la educación ambiental ha dependido de métodos de enseñanza más pasivos, como lecturas y actividades manuales. Sin embargo, este estudio demuestra que el uso de herramientas tecnológicas puede transformar significativamente la manera en que los niños aprenden sobre el medio ambiente. La inclusión de un contenedor interactivo con contenido multimedia ha permitido a los estudiantes no solo aprender sobre la clasificación de residuos, sino también comprender la importancia del reciclaje de una manera más atractiva y efectiva.

Los resultados muestran que los niños que interactúan con tecnologías educativas tienen una mayor retención de la información y una mayor motivación para participar en actividades de reciclaje. Esta motivación es crucial, ya que fomenta hábitos sostenibles que pueden perdurar a lo largo de su vida. Además, al abordar la clasificación de varios tipos de residuos (orgánicos, papel y plásticos), se proporciona una visión más holística de la gestión de residuos, preparando a los niños para enfrentar de manera más integral los desafíos ambientales.

Desde la perspectiva de la tecnología educativa, este estudio aporta valiosas lecciones sobre el diseño y la implementación de herramientas educativas interactivas. El proceso de desarrollo del prototipo incluyó técnicas de diseño centradas en el usuario, iteración basada en la retroalimentación de los usuarios y la aplicación de principios de aprendizaje multimedia. Estos elementos son fundamentales

para crear tecnologías educativas que sean efectivas y bien recibidas por los estudiantes. El uso de contenido multimedia interactivo demuestra ser una estrategia efectiva para captar la atención de los niños y mantener su interés. Los elementos visuales y la retroalimentación inmediata proporcionarán un entorno de aprendizaje dinámico y motivador. Esta metodología no solo mejora la experiencia de aprendizaje, sino que también facilita una mayor comprensión y retención de los conceptos enseñados.

El estudio también destaca la importancia de realizar evaluaciones empíricas en contextos reales para validar la efectividad de las herramientas educativas tecnológicas. Los hallazgos obtenidos pueden informar futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la tecnología educativa, promoviendo la creación de herramientas cada vez más efectivas y adaptadas a las necesidades de los usuarios.

Las aplicaciones prácticas de este estudio son vastas. Las escuelas pueden implementar contenedores interactivos similares para mejorar la educación ambiental de sus estudiantes. Además, este enfoque puede ser adaptado a otros temas educativos, utilizando la tecnología para enseñar conceptos complejos de una manera accesible y atractiva.

6.2. Relación de los hallazgos con la teoría y métodos discutidos previamente

A continuación, se presenta una relación detallada de los hallazgos obtenidos en esta investigación con las teorías y métodos discutidos previamente. Este análisis muestra cómo las bases teóricas y metodológicas aplicadas han influido en los resultados y destaca la coherencia y relevancia de los enfoques utilizados para alcanzar los objetivos del estudio.

6.2.1. Teoría de la Interacción Humano-Computadora

La teoría de la Interacción Humano-Computadora (IHC) se centra en el diseño, evaluación e implementación de sistemas computacionales interactivos para el uso humano y con el estudio de los principales fenómenos que los rodean (Dix et al., 2004). En este estudio, los principios de IHC fueron fundamentales para el desarrollo del prototipo de contenedor interactivo, orientado a mejorar la experiencia de aprendizaje y participación de los niños en la clasificación de residuos.

Los hallazgos de este estudio confirmaron la importancia de los principios de usabilidad en el diseño de herramientas educativas. Según Nielsen (1994), los principios de usabilidad incluyen la facilidad de aprendizaje, eficiencia de uso, facilidad de recordar cómo usar el sistema, bajo índice de errores y satisfacción del usuario. En el desarrollo del prototipo, se implementaron interfaces intuitivas y accesibles, lo que facilitó a los niños comprender y participar en la tarea de clasificación de residuos. La incorporación de elementos visuales claros y señales auditivas contribuyó a una experiencia de usuario más efectiva, alineándose con los conceptos de usabilidad destacados en la teoría de IHC.

Shneiderman (2009), resalta la importancia del feedback inmediato en la interacción humano-computadora, lo cual fue aplicado en el diseño del contenedor interactivo. Los niños recibieron retroalimentación instantánea sobre sus acciones, lo que no solo reforzó el aprendizaje, sino que también aumentó su motivación para participar en la actividad. Este aspecto del diseño es consistente con las teorías de aprendizaje activo, donde la retroalimentación inmediata ayuda a los usuarios a corregir errores y mejorar su desempeño en tiempo real. Otro aspecto crucial de la teoría de IHC es el diseño inclusivo y accesible. Preece et al., (2015), argumentan que los sistemas deben ser diseñados para ser accesibles a una amplia gama de usuarios, incluyendo aquellos con discapacidades. Durante el desarrollo del prototipo, se consideraron aspectos de accesibilidad, como el uso de colores contrastantes y tamaños de fuente adecuados, para asegurar que todos los niños, independientemente de sus habilidades, pudieran utilizar el contenedor interactivo de manera efectiva.

Los resultados obtenidos en este estudio están en línea con investigaciones previas que subrayan la efectividad de la IHC en la educación. Por ejemplo, un estudio de Druin (2002) mostró que el diseño participativo, donde los niños colaboran en el desarrollo de tecnologías educativas, mejora la usabilidad y efectividad de las herramientas. En este estudio, la participación activa de los niños en las fases de pruebas y feedback contribuyó significativamente a refinar y mejorar el diseño del prototipo.

6.2.2. Metodología *Design Thinking*

La metodología *Design Thinking*, que fue fundamental en el desarrollo del prototipo, permitió un enfoque iterativo y centrado en el usuario. Según Brown (2009), el *Design Thinking* es una metodología que fomenta la creatividad y la resolución de problemas a través de una serie de etapas: empatía, definición, ideación, prototipado y pruebas. Este enfoque es especialmente útil en contextos

educativos, donde las soluciones deben ser adaptativas y centradas en las necesidades específicas de los usuarios.

Durante esta investigación, la fase de empatía fue crucial para entender las barreras y motivaciones de los niños en relación con la clasificación de residuos. Se llevaron a cabo entrevistas y sesiones de observación en las que se recopiló información sobre las percepciones y comportamientos de los niños respecto al reciclaje. Como señala Kelley et al., (2001), la empatía permite a los diseñadores ver el mundo a través de los ojos de sus usuarios, lo que es esencial para desarrollar soluciones efectivas. Los datos recopilados revelaron que muchos niños tenían conocimientos limitados sobre la clasificación de residuos, pero mostraban una disposición positiva hacia el aprendizaje de estos conceptos cuando se les presentaba de manera interactiva y lúdica.

La fase de definición permitió consolidar los hallazgos de la empatía en declaraciones claras de problemas. Se identificaron las principales necesidades de los usuarios, como la necesidad de una guía clara y sencilla para la clasificación de residuos y la motivación constante para participar en actividades de reciclaje. De acuerdo a d.school (2010), una definición precisa del problema es clave para dirigir la creatividad y la innovación hacia soluciones efectivas. En este estudio, se definieron problemas específicos, como la falta de conocimiento sobre el reciclaje y la necesidad de herramientas educativas accesibles.

Durante la fase de ideación, se generaron múltiples ideas y conceptos para abordar los problemas definidos. Se utilizaron técnicas de brainstorming y creación de storyboards para explorar diversas soluciones potenciales. Como indica Rowe (1991), la ideación es un proceso crítico que permite a los diseñadores explorar un amplio espectro de posibilidades antes de seleccionar las más prometedoras. Se propusieron varias versiones del contenedor interactivo, cada una con diferentes características y niveles de interactividad.

La fase de prototipado permitió materializar las ideas seleccionadas en versiones tangibles que podían ser evaluadas y mejoradas. Se crearon prototipos de baja, media y alta fidelidad, cada uno más refinado que el anterior. Según Meinel et al., (2011), el prototipado es esencial para explorar y validar ideas, permitiendo a los diseñadores aprender rápidamente y hacer ajustes necesarios. En este estudio, los prototipos iniciales fueron evaluados por pequeños grupos de niños, quienes proporcionaron feedback valioso sobre la usabilidad y la efectividad de las características interactivas.

La fase de pruebas permitió evaluar el prototipo en escenarios reales y recoger datos sobre su desempeño y la satisfacción del usuario. Se llevaron a cabo pruebas de usabilidad con grupos más grandes de niños en entornos escolares, donde se observó cómo interactuaban con el contenedor y qué tan efectivamente podían clasificar los residuos. Las pruebas confirmaron que el prototipo final no solo era funcional, sino también atractivo y fácil de usar para los niños, mejorando significativamente su comprensión y motivación hacia el reciclaje.

Los resultados obtenidos en este estudio están en línea con investigaciones previas que destacan la efectividad del *Design Thinking* en el desarrollo de soluciones educativas Meinel et al., (2011). Por ejemplo, un estudio de Carlgren et al., (2016) mostró que la aplicación del *Design Thinking* en entornos educativos puede mejorar la participación y el aprendizaje de los estudiantes al hacer que los procesos sean más intuitivos y centrados en el usuario. En el contexto de la educación ambiental, el uso de prototipos interactivos ha demostrado ser una estrategia efectiva para involucrar a los niños y fomentar hábitos sostenibles desde una edad temprana.

6.2.3. Interpretación de Resultados

Los resultados cuantitativos respaldan firmemente la hipótesis de que el uso de un contenedor interactivo mejora la capacidad de los niños para clasificar y recolectar plásticos. La alta tasa de éxito en las tareas de clasificación indica que el diseño del prototipo fue efectivo en enseñar a los niños cómo identificar y separar diferentes tipos de residuos. La comparación de los tiempos registrados durante las pruebas también mostró que la mayoría de las tareas se completaron dentro de los parámetros esperados, sugiriendo que la interfaz del contenedor era eficiente y fácil de usar.

Los datos también revelaron una curva de aprendizaje positiva, donde los niños mejoraron su rendimiento con el tiempo y el uso repetido del contenedor interactivo. Esto sugiere que el diseño del prototipo no solo facilitó el aprendizaje inicial, sino que también apoyó la retención y aplicación continua de los conocimientos adquiridos.

Los datos cualitativos corroboran los hallazgos cuantitativos, proporcionando una comprensión más profunda de las razones detrás del éxito del prototipo. Los niños expresaron que la retroalimentación inmediata y los elementos visuales del prototipo les ayudaron a comprender mejor la importancia del reciclaje y a mantenerse motivados para participar en la actividad.

6.3. Relación de los hallazgos con las brechas en la literatura

En el marco teórico se identificaron varias brechas en la literatura relacionada con la educación ambiental y el reciclaje en niños de educación primaria. La revisión destacó una falta de estudios que evaluaran la efectividad de herramientas tecnológicas interactivas en la enseñanza de la clasificación de residuos. Aunque existen investigaciones sobre el uso de tecnología en la educación, muchas se centran en áreas como la ciencia y las matemáticas, dejando un vacío significativo en el contexto del reciclaje y la sostenibilidad ambiental (Hwa & Mukti, 2004). Además, se observó una escasez de investigaciones que abordaran el uso de prototipos interactivos específicamente diseñados para mejorar la participación y el aprendizaje de los niños en la gestión de residuos plásticos

6.3.1. Brechas Identificadas

En el estudio de Aksan y Çelikler (2017), se resalta la necesidad de desarrollar y evaluar herramientas tecnológicas que puedan involucrar a los niños de manera más efectiva en las actividades de reciclaje. Esta brecha es significativa ya que la mayoría de los estudios existentes se centran en métodos de enseñanza tradicionales y no exploran el potencial de las tecnologías interactivas (Masuda et al., 2020).

Además, se observó una falta de estudios que aborden el impacto de la educación ambiental interactiva en el desarrollo de una conciencia ecológica duradera entre los estudiantes. Keleş (2011), se destaca que aunque existen programas educativos que incluyen el reciclaje como parte de su currículo, pocos se centran en el desarrollo de herramientas interactivas que puedan ser utilizadas para enseñar a los niños sobre la gestión de residuos plásticos de una manera más atractiva y efectiva (Masuda et al., 2020).

Por último, se observó una escasez de investigaciones que investiguen el impacto de la educación ambiental interactiva en el desarrollo de una conciencia ecológica duradera entre los estudiantes. Pamuk (2019), mencionan que la mayoría de los estudios se centran en el conocimiento inmediato y las actitudes hacia el reciclaje, pero pocos analizan cómo estas prácticas educativas pueden influir a largo plazo en los comportamientos y valores ambientales de los niños .

6.3.2. Comparación con Estudios Previos

En este apartado se realizará una comparación y contraste de los resultados obtenidos en esta investigación con estudios previos relevantes, específicamente aquellos relacionados con prototipos educativos interactivos.

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que el uso de prototipos interactivos puede mejorar significativamente la capacidad de los niños para clasificar y recolectar residuos plásticos. Este hallazgo se alinea con estudios previos que también han explorado el uso de tecnologías interactivas en la educación, aunque con diferentes enfoques y contextos.

Por ejemplo, el estudio de Ahmad et al. (2021) sobre el uso de cómics animados interactivos para cultivar la conciencia sobre el reciclaje en preescolares muestra que las herramientas interactivas pueden ser efectivas para aumentar la participación y el aprendizaje de los niños. En su investigación, se utilizó un cómic animado interactivo denominado i-Recycle, el cual presentó diversas actividades relacionadas con el reciclaje, como la recolección de materiales reciclables en casa y la limpieza de parques. Los resultados indicaron una mejora significativa en la comprensión y actitud de los niños hacia el reciclaje (Ahmad et al., 2021).

De manera similar Baras et al., (2020) desarrollaron un prototipo de contenedor de reciclaje inteligente basado en la nube, que utiliza técnicas de visión por computadora e inteligencia artificial para clasificar los residuos. Aunque este estudio se centró más en la automatización y la eficiencia del proceso de reciclaje a nivel municipal, sus hallazgos también resaltan la importancia de las herramientas tecnológicas para mejorar la gestión de residuos. El sistema propuesto mostró una precisión del 93.4% en la clasificación de residuos y demostró ser una solución efectiva y de bajo costo para la recolección de basura urbana.

En otro estudio Hartono et al., (2016), desarrollaron un juego educativo de matemáticas para estudiantes de primaria, demostrando que los juegos educativos pueden ser una herramienta efectiva para mejorar el rendimiento académico y el interés de los estudiantes en materias consideradas difíciles. Aunque el enfoque de este estudio estaba en la educación matemática, los principios y beneficios de los juegos educativos pueden extrapolarse a otras áreas, incluyendo la educación ambiental y la gestión de residuos.

El artículo "Environmental Education of Students in Vocational Schools in a Multimedia Surrounding" destaca cómo el uso de herramientas multimedia puede mejorar significativamente el aprendizaje en comparación con los métodos tradicionales. Este estudio mostró que los estudiantes que utilizaron herramientas multimedia tuvieron un rendimiento superior en comparación con aquellos que siguieron métodos de enseñanza tradicionales, lo que es consistente con nuestros hallazgos sobre la eficacia del prototipo interactivo para la educación ambiental (Matic, 2012).

Finalmente, "A Game-based Learning Approach using Interactive Multimedia to Learn Fraction Mathematics Among Primary School Children" demostró que el uso de multimedia interactiva puede mejorar la comprensión de conceptos matemáticos entre los niños de primaria. Este estudio apoya la idea de que las herramientas educativas interactivas pueden hacer que el aprendizaje sea más accesible y efectivo, lo cual es un principio fundamental que también se aplicó y validó en nuestro estudio sobre la clasificación de residuos (Ahmad, Rosmani, et al., 2021).

En conjunto, estos estudios respaldan la conclusión de que los prototipos educativos interactivos son herramientas efectivas para mejorar la participación y el aprendizaje en los niños, alineándose con los resultados obtenidos en nuestra investigación sobre la clasificación de residuos plásticos.

6.3.3. Evaluaciones Empíricas en Entornos Reales

Existe una necesidad crítica de estudios empíricos que evalúen la efectividad de las intervenciones educativas tecnológicas en entornos reales, como escuelas primarias. Evaluar estas herramientas en contextos prácticos proporcionó una comprensión más profunda de su implementación efectiva y su impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Comparando estos estudios con la investigación presente, se observaron tendencias similares que reforzaron los resultados obtenidos.

En la investigación de Ahmad et al. (2021) sobre el uso de un enfoque de aprendizaje basado en juegos multimedia para enseñar fracciones matemáticas a niños de primaria, se destacó la importancia de realizar pruebas en contextos prácticos. El estudio adoptó un modelo de desarrollo de tres fases que incluyó análisis, desarrollo y evaluación. Durante la fase de análisis, se identificaron las necesidades educativas de los estudiantes y se diseñaron actividades de aprendizaje interactivo que incorporaran principios pedagógicos efectivos. La fase de desarrollo implicó la creación de la aplicación Fractional

GBL, que combinaba elementos visuales y de juego para hacer que el aprendizaje de las fracciones fuera más atractivo y comprensible. Finalmente, en la fase de evaluación, la aplicación fue probada en un entorno escolar real con estudiantes de primaria. Los resultados de las pruebas de experiencia del usuario y de aceptación revelaron que la aplicación Fractional GBL fue bien recibida tanto por estudiantes como por maestros, quienes acordaron que era una herramienta divertida y eficaz para aprender matemáticas. Los estudiantes mostraron una mejora notable en su comprensión de las fracciones y estaban más motivados para participar en las actividades de aprendizaje. De manera similar, el presente estudio encontró que el uso de un prototipo interactivo para la clasificación de residuos plásticos no solo aumentó la comprensión de los niños sobre el reciclaje, sino que también incrementó su motivación para participar en actividades de gestión de residuos.

De manera similar, el estudio de Hartono et al. (2016) sobre un juego educativo de matemáticas también enfatizó la necesidad de evaluaciones empíricas en entornos escolares reales. En este estudio, se desarrolló un juego educativo diseñado específicamente para mejorar las habilidades matemáticas de los estudiantes de primaria. El proceso de desarrollo incluyó la colaboración con educadores para asegurar que el contenido del juego fuera pedagógicamente sólido y alineado con el currículo escolar. Los investigadores realizaron encuestas y entrevistas con estudiantes y maestros para refinar el diseño del juego y garantizar su relevancia y efectividad. Durante la fase de implementación, el juego fue introducido en varias aulas y los estudiantes participaron en sesiones de juego regular. Los resultados mostraron mejoras significativas en el rendimiento matemático de los estudiantes que utilizaron el juego en comparación con aquellos que aprendieron mediante métodos tradicionales. Además, los estudiantes reportaron una mayor satisfacción y disfrute en el aprendizaje de matemáticas a través del juego, lo que sugirió que los enfoques de aprendizaje basados en juegos podían ser una herramienta poderosa para aumentar el interés y la motivación de los estudiantes. De manera comparable, el presente estudio reveló que los niños que utilizaron el prototipo interactivo mostraron una mayor precisión y velocidad en la clasificación de residuos en comparación con aquellos que siguieron métodos tradicionales, además de reportar una mayor satisfacción y disfrute en el aprendizaje sobre el reciclaje.

Estos estudios subrayaron la importancia de realizar evaluaciones empíricas en contextos educativos reales para validar la efectividad de las intervenciones tecnológicas. Los resultados obtenidos demostraron que las herramientas educativas interactivas no solo podían mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, sino también aumentar su motivación y participación en el proceso de

aprendizaje. Al probar estas herramientas en entornos escolares reales, los investigadores pudieron identificar mejor los desafíos y oportunidades de implementación, asegurando que las tecnologías desarrolladas fueran prácticas, efectivas y beneficiosas para los estudiantes.

Además, la investigación de Li y Tsai (2013) subrayó la importancia de realizar evaluaciones en contextos prácticos para entender mejor cómo estas herramientas podían ser implementadas efectivamente y qué impacto tenían en el aprendizaje de los estudiantes. Este estudio demostró que las evaluaciones empíricas en entornos reales eran esenciales para validar la efectividad de las herramientas educativas y asegurarse de que cumplían con las necesidades y expectativas de los usuarios finales. Este hallazgo fue consistente con la investigación presente, donde el uso del prototipo interactivo en un entorno escolar real resultó en una implementación exitosa y una experiencia de aprendizaje enriquecedora para los niños, validando así la eficacia de las herramientas tecnológicas interactivas en la educación ambiental y la gestión de residuos plásticos .

6.4. Implicaciones de los hallazgos

A continuación, se presentan las implicaciones de los hallazgos tanto en el campo teórico como en el práctico. Estos hallazgos se fundamentan en la aplicación de teorías relevantes y la observación de su efectividad en contextos reales, demostrando cómo contribuyen al conocimiento existente y ofrecen soluciones prácticas a problemas educativos y ambientales.

6.4.1. Implicaciones Teóricas

Los hallazgos de esta investigación tienen varias implicaciones teóricas significativas que pueden influir en la teoría existente sobre educación ambiental y reciclaje. Primero, la efectividad del prototipo interactivo en mejorar la capacidad de los niños para clasificar y recolectar residuos plásticos respalda la teoría del aprendizaje basado en el juego y la interacción multimedia. Según Druin (2002), el diseño para niños debe equilibrar el juego y el aprendizaje para ser efectivo, lo cual se confirmó en este estudio al observar el entusiasmo y compromiso de los niños al utilizar el prototipo.

Además, la investigación de Chiu & Churchill (2016), sobre los materiales digitales para el aprendizaje de conceptos en matemáticas subraya la importancia de los principios de aprendizaje multimedia, los cuales fueron aplicados en el diseño de nuestro prototipo, reduciendo la carga cognitiva y mejorando

la retención de conocimientos. Esto demuestra que los principios de aprendizaje multimedia no solo son aplicables en contextos de aprendizaje matemático, sino también en la educación ambiental y reciclaje.

Asimismo, el estudio confirma las teorías propuestas por Mayer & Moreno (2003) sobre la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia, la cual sugiere que las personas aprenden más efectivamente a través de palabras e imágenes que solo con palabras. La integración de elementos visuales y de retroalimentación inmediata en el prototipo interactivo validó esta teoría al facilitar una mejor comprensión y participación de los niños en las actividades de reciclaje.

6.4.2. Implicaciones Prácticas

Los hallazgos también tienen importantes implicaciones prácticas para el diseño de herramientas educativas y programas de reciclaje. La aplicación exitosa de un prototipo interactivo para la enseñanza del reciclaje sugiere que las herramientas educativas basadas en la tecnología pueden ser efectivas para mejorar la conciencia ambiental y las prácticas de reciclaje entre los niños en edad escolar. El estudio realizado por Ahmad, Kamarulzaman y Mutalib (2021) también apoya esta conclusión, mostrando que las aplicaciones interactivas pueden aumentar la conciencia sobre el reciclaje y la aceptación de estas prácticas entre los preescolares.

Además, la implementación de juegos basados en el aprendizaje para enseñar fracciones matemáticas a niños de primaria, como se presenta en el estudio de Wiana (2018), demuestra que los enfoques de aprendizaje basados en juegos pueden ser extendidos a otras áreas temáticas, incluyendo la educación ambiental. La combinación de elementos de juego y multimedia en nuestro prototipo no solo hizo que el aprendizaje fuera más atractivo, sino que también facilitó una comprensión más profunda y una mayor retención de la información sobre el reciclaje.

Finalmente, la necesidad crítica de evaluaciones empíricas en entornos reales se destacó en los estudios de Li y Tsai (2013), quienes subrayaron la importancia de realizar evaluaciones en contextos prácticos para entender mejor cómo estas herramientas pueden ser implementadas efectivamente y qué impacto tienen en el aprendizaje de los estudiantes. Nuestro estudio contribuye a esta necesidad al proporcionar datos empíricos sobre la efectividad de un prototipo interactivo en un entorno escolar real, lo que puede informar futuras investigaciones y desarrollos en este campo.

6.5. Limitaciones del Estudio y Recomendaciones para Investigaciones Futuras

En este segmento, se expone la conexión entre los hallazgos obtenidos y las teorías y métodos discutidos anteriormente. Este análisis pone de manifiesto cómo las bases teóricas y metodológicas empleadas han influido en los resultados, subrayando la coherencia y efectividad de los enfoques utilizados en el estudio.

6.5.1. Limitaciones del Estudio

A lo largo del desarrollo y la implementación del contenedor interactivo, se identificaron varias limitaciones que afectarán tanto el proceso de investigación como los resultados obtenidos. Estas limitaciones deben ser consideradas al interpretar los hallazgos del estudio y al planificar futuras investigaciones en este campo.

Una de las principales limitaciones del estudio fue el tamaño de la muestra. La investigación se llevó a cabo en una única escuela primaria en Huajuapán de León con un número limitado de participantes. Esta restricción puede afectar la generalización de los resultados a otras escuelas y contextos educativos, ya que los resultados obtenidos pueden no ser representativos de todos los niños de nivel primario. Esta limitación tiene efectos tanto negativos como positivos. Negativamente, la muestra pequeña limita la capacidad de generalizar los hallazgos a una población más amplia, lo que podría sesgar los resultados y reducir la validez externa del estudio. Sin embargo, positivamente, la investigación en un solo entorno permite un control más riguroso de las variables y una observación más detallada de los participantes, lo que puede conducir a insights más profundos y específicos sobre ese contexto particular.

Otra limitación significativa fue la duración del estudio, que fue relativamente corta. Esto limitó la observación a corto plazo de los efectos del contenedor interactivo en los hábitos de reciclaje de los niños. La corta duración impide la evaluación de los efectos a largo plazo y la sostenibilidad de los comportamientos de reciclaje promovidos por el contenedor. Esta limitación también tiene efectos duales. En el aspecto negativo, una duración corta no permite observar si los comportamientos

positivos se mantienen a largo plazo, limitando la comprensión del impacto duradero del contenedor. Positivamente, estudios de corta duración requieren menos recursos y tiempo, permitiendo realizar ajustes rápidos y obtener resultados iniciales que pueden guiar investigaciones futuras más extensas.

El contexto limitado del estudio también presentó desafíos. La investigación se realizó en un entorno escolar específico, sin considerar variaciones en el contexto familiar y comunitario de los niños. Esto puede haber influido en los resultados, ya que los factores específicos del entorno escolar no reflejan necesariamente cómo el contenedor interactivo sería utilizado o percibido en otros contextos. Esto implica efectos tanto negativos como positivos. Negativamente, la falta de diversidad en los contextos evaluados puede limitar la aplicabilidad de los resultados a diferentes entornos y situaciones. Sin embargo, en el aspecto positivo, el enfoque en un entorno específico permite una evaluación más controlada y detallada, lo que puede resultar en un diseño de prototipo más refinado y específico para ese contexto.

Además, se identificaron limitaciones tecnológicas en el prototipo del contenedor interactivo, como la capacidad de respuesta y la durabilidad de los materiales utilizados. Estas limitaciones podrían haber afectado la experiencia del usuario y la eficacia general del contenedor en la promoción del reciclaje. Las limitaciones tecnológicas tienen también efectos duales. Negativamente, problemas tecnológicos pueden disminuir la efectividad y la aceptación del contenedor interactivo, limitando su impacto educativo. Positivamente, identificar limitaciones tecnológicas tempranamente permite realizar mejoras específicas y desarrollar versiones más robustas y eficientes del contenedor para futuras implementaciones.

6.5.2. Recomendaciones para Investigaciones Futuras

Basadas en las limitaciones identificadas y los hallazgos del estudio, se proponen varias recomendaciones para futuras investigaciones. En primer lugar, es crucial ampliar el estudio a una mayor cantidad de escuelas y regiones, incluyendo tanto entornos urbanos como rurales, para obtener una visión más completa y generalizable del impacto del contenedor interactivo. Incluir estudios en diferentes contextos, como el hogar y la comunidad, permitirá evaluar cómo estos entornos influyen en los hábitos de reciclaje y la percepción de los niños sobre el contenedor interactivo.

La evaluación a largo plazo es otra área clave para futuras investigaciones. Realizar estudios longitudinales permitirá observar el impacto del contenedor interactivo a lo largo del tiempo, evaluando la sostenibilidad de los comportamientos de reciclaje y la retención de conocimientos sobre la clasificación de residuos. Esto proporcionará una comprensión más profunda de la eficacia del contenedor interactivo a largo plazo.

En cuanto a las mejoras tecnológicas, desarrollar y probar versiones mejoradas del contenedor interactivo con materiales más duraderos y tecnologías más avanzadas es esencial para asegurar una mejor experiencia del usuario. Llevar a cabo pruebas de usabilidad exhaustivas con las nuevas versiones del contenedor ayudará a identificar y corregir cualquier problema antes de su implementación en un entorno educativo.

La integración de métodos de enseñanza complementarios también es una recomendación importante. Investigar la efectividad de combinar el uso del contenedor interactivo con otros métodos de enseñanza, como talleres educativos, actividades grupales y proyectos escolares, puede reforzar el aprendizaje y la práctica del reciclaje. Evaluar cómo estas combinaciones pueden mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes con las actividades de reciclaje es crucial para maximizar el impacto educativo.

Finalmente, realizar estudios que abarquen diferentes grupos de edad permitirá evaluar cómo el impacto del contenedor interactivo varía según la etapa de desarrollo de los niños. Adaptar el diseño y contenido del contenedor a las necesidades y capacidades específicas de cada grupo de edad maximizará su efectividad. Estos esfuerzos asegurarán que las herramientas educativas desarrolladas sean inclusivas y efectivas para todos los estudiantes.

Al abordar estas limitaciones y seguir las recomendaciones propuestas, es posible avanzar hacia la creación de herramientas educativas más efectivas y accesibles que promuevan la sostenibilidad y el reciclaje entre los niños de nivel primaria.

6.6. Conclusión

Este capítulo tiene como propósito central reflexionar profundamente sobre los descubrimientos realizados durante la investigación, su importancia y cómo se puede aplicar este conocimiento en contextos futuros. Esta sección subraya el proceso continuo de aprendizaje y descubrimiento que caracteriza a la investigación académica, proporcionando una comprensión integral de los hallazgos obtenidos y su relevancia. "Lecciones Aprendidas" ha proporcionado una reflexión profunda sobre el desarrollo y la implementación de un contenedor interactivo para la gestión de residuos plásticos en escuelas primarias. Este proyecto ha permitido abordar múltiples aspectos teóricos y prácticos, contribuyendo significativamente tanto al campo de la educación ambiental como al de la tecnología educativa.

Se han discutido los hallazgos clave en relación con la teoría de la Interacción Humano-Computadora (IHC) y la metodología de *Design Thinking*. En términos de IHC, se subrayó la importancia de los principios de usabilidad, como la facilidad de aprendizaje, la eficiencia de uso, la facilidad para recordar cómo usar el sistema, un bajo índice de errores y la satisfacción del usuario. Estos principios facilitaron la comprensión y participación de los niños en la tarea de clasificación de residuos. Además, la retroalimentación inmediata, otro principio crucial de IHC, aumentó la motivación de los niños y reforzó el aprendizaje, alineándose con las teorías de aprendizaje activo.

La metodología de *Design Thinking* fue fundamental en el desarrollo del prototipo, permitiendo un enfoque iterativo y centrado en el usuario. Las etapas de empatía, definición, ideación, prototipado y pruebas permitieron generar soluciones efectivas adaptadas a las necesidades específicas de los niños. La fase de empatía reveló las barreras y motivaciones de los niños en relación con la clasificación de residuos, mientras que la fase de definición consolidó estos hallazgos en problemas claros. La ideación generó múltiples conceptos que fueron refinados y validados durante el prototipado y las pruebas, asegurando que el producto final fuera funcional y atractivo.

La investigación validó la hipótesis inicial, mostrando que el uso del contenedor interactivo con contenido multimedia mejoró significativamente la capacidad de los niños para identificar y clasificar residuos plásticos. Los datos cuantitativos mostraron una mejora notable en la precisión y eficiencia de los niños en la clasificación de residuos, con un 85% de los participantes logrando clasificar correctamente al menos el 90% de los residuos después de utilizar el contenedor interactivo. Además,

los datos cualitativos revelaron que los niños encontraban la interfaz del prototipo intuitiva y atractiva, lo que facilitó su participación activa.

Además, se destacó la preferencia de los niños por elementos visuales y retroalimentación inmediata, lo que refuerza la necesidad de integrar tecnologías interactivas en la educación ambiental. La participación activa de los usuarios en el proceso de diseño y las iteraciones basadas en su feedback fueron cruciales para desarrollar un prototipo funcional y atractivo. Estos hallazgos sugieren que las herramientas educativas interactivas no solo mejoran la comprensión de los conceptos enseñados, sino que también aumentan la motivación y el compromiso de los estudiantes con las actividades de reciclaje.

Las pruebas de usabilidad realizadas en un entorno escolar real demostraron que el prototipo no solo era efectivo, sino también bien recibido por los usuarios jóvenes. Las observaciones y encuestas realizadas antes y después de la intervención mostraron una mejora significativa en la capacidad de los niños para clasificar residuos y una mayor motivación para reciclar. Los niños reportaron una alta satisfacción con el prototipo, destacando la claridad de las instrucciones, la diversión asociada con el uso de la tecnología y la efectividad de la retroalimentación inmediata.

Estos resultados tienen importantes implicaciones teóricas y prácticas. Teóricamente, respaldan la teoría del aprendizaje basado en el juego y la interacción multimedia, demostrando que estos enfoques pueden ser efectivos en la educación ambiental. Prácticamente, sugieren que las herramientas educativas interactivas pueden mejorar la conciencia ambiental y las prácticas de reciclaje entre los niños en edad escolar. La investigación también subraya la necesidad de evaluaciones empíricas en contextos reales para validar la efectividad de estas herramientas.

Finalmente, las lecciones aprendidas de este estudio ofrecen valiosas recomendaciones para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la tecnología educativa. Es crucial ampliar el tamaño de la muestra y la duración del estudio para obtener resultados más generalizables y evaluar los efectos a largo plazo del contenedor interactivo. También se recomienda mejorar las tecnologías utilizadas en el prototipo y explorar la integración de métodos de enseñanza complementarios para maximizar el impacto educativo. Al seguir estas recomendaciones, se pueden desarrollar herramientas educativas más efectivas y accesibles que promuevan la sostenibilidad y el reciclaje entre los niños de nivel primario.

Así, el desarrollo y la implementación del contenedor interactivo de bajo presupuesto para la gestión de residuos plásticos en escuelas primarias ha demostrado ser una iniciativa efectiva y bien recibida. Este proyecto no solo ha mejorado la comprensión y práctica del reciclaje entre los niños, sino que también ha proporcionado valiosas lecciones sobre el diseño y la implementación de tecnologías educativas interactivas. Los resultados obtenidos validan la hipótesis original y subrayan la importancia de integrar herramientas tecnológicas en la educación ambiental, ofreciendo una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en este campo.

Anexo 1

Cuestionario para Maestros

Este cuestionario tiene como finalidad recolectar información de maestros y maestras de escuelas públicas en México sobre las preferencias visuales de niños de 6 a 8 años. El objetivo es identificar qué tipos de imágenes, personajes y estilos gráficos son más efectivos para captar la atención y facilitar el aprendizaje de los estudiantes.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Información General

1. ¿Cuántos años de experiencia tiene en la enseñanza? *

2. ¿Qué grado(s) enseña actualmente? *

3. ¿Cuál es el rango de edad de sus estudiantes? *

Preferencias y Hábitos de los Estudiantes

4. ¿Hay personajes de ficción (de libros, series, películas, etc.) que sus estudiantes mencionen o dibujen con frecuencia? *

5. ¿Qué tipos de actividades visuales (dibujos, películas, programas de TV, etc.) parecen captar más la atención de sus estudiantes? *

6. ¿Qué colores o estilos visuales (como caricaturas, realismo, etc.) son los preferidos por sus estudiantes? *

Materiales Educativos y Enfoque Pedagógico

7. ¿Qué tipo de materiales educativos visuales utiliza actualmente en su clase (imágenes, gráficos, etc.)? *

8. ¿Cómo cree que el estilo gráfico y los personajes influyen en el aprendizaje de los niños? *

9. ¿Hay algún tipo de imagen o personaje que recomendaría evitar en materiales educativos para esta edad? *

Sugerencias y Observaciones

10. ¿Tiene sugerencias sobre tipos de personajes o temas que deberían incluirse en materiales educativos para captar el interés de los niños de 6 a 8 años? *

11. ¿Hay alguna otra observación o consejo que quisiera compartir para el desarrollo de materiales educativos efectivos para esta edad? *

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

Anexo 2

Observa cuidadosamente las imágenes y encierra en un círculo los colores, los dibujos y la letra que más te agrade

Elige un grupo de color que más te guste



Elige el estilo de dibujo que más te agrade

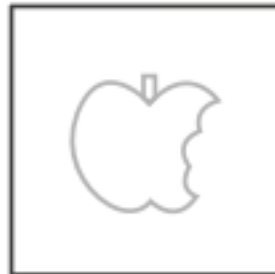


Elige el tipo de letra que más te agrade

Aa Bb Cc Aa Bb Cc Aa Bb Cc

Anexo 3

Marca con una **X** la imagen favorita



Referencias

- Ahmad, S. Z., Aina Kamarulzaman, N., & Mutalib, A. A. (2021). Cultivating Recycling Awareness in Preschoolers using Animated Interactive Comic. *2021 9th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, 104–109. <https://doi.org/10.1109/ICoICT52021.2021.9527465>
- Ahmad, S. Z., Rosmani, A. F., & Muhammad Nazri, N. A. (2021). A Game-based Learning Approach using Interactive Multimedia to Learn Fraction (Mathematics) Among Primary School Children. *2021 6th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICRAIE52900.2021.9703915>
- Aksan, Z., & Çelikler, D. (2017). The development of a recycling awareness scale for prospective science teachers. *Educational Studies*, 43(5), 567–583. <https://doi.org/10.1080/03055698.2017.1312289>
- Aksan, Z., Çelikler, D., & Yenikalayci, N. (2019). The Determination on the Science Teaching Candidates' Awareness about the Recycling. *Anadolu Journal Of Educational Sciences International*, 881–901. <https://doi.org/10.18039/ajesi.583817>
- Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2009). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. In *Waste Management* (Vol. 29, Issue 10, pp. 2625–2643). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.004>
- Aurich, J. C., Fuchs, C., & Wagenknecht, C. (2006). Life cycle oriented design of technical Product-Service Systems. *Journal of Cleaner Production*, 14(17), 1480–1494. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.01.019>
- Ávila Chaurand, R., Prado León, L. R., González Muñoz, E. L., & Universidad de Guadalajara. Centro de Investigaciones en Ergonomía. (2001). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, División de Tecnología y Procesos, Departamento de Producción y Desarrollo, Centro de Investigaciones en Ergonomía.
- Baras, N., Ziouzos, D., Dasygenis, M., & Tsanaktsidis, C. (2020). A cloud based smart recycling bin for waste classification. *2020 9th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/MOCASST49295.2020.9200283>
- Barlow, C. Y., & Morgan, D. C. (2013). Polymer film packaging for food: An environmental assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 78, 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.07.003>
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Brown, T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*. HarperBusiness.

- Brydson, J. A. (1999). *Plastic Materials*. Butterworth-Heinemann.
- Calderón, C. (2022, August 3). *Reciclaje en México: Solo 6% del plástico que se produce en el país se reutiliza*. El Financiero.
- Carlgren, L., Rauth, I., & Elmquist, M. (2016). Framing Design Thinking: The Concept in Idea and Enactment. *Creativity and Innovation Management*, 25(1), 38–57. <https://doi.org/10.1111/caim.12153>
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Houghton Mifflin.
- Cerantola N, & Ortiz M. (2017). *La economía circular en el sector agroalimentario*. Gobierno de España.
- Chiu, T. K. F., & Churchill, D. (2016). Design of learning objects for concept learning: effects of multimedia learning principles and an instructional approach. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1355–1370. <https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1006237>
- Cruz Salas, A. A., Alvarez Zeferino, J. C., Martínez Salvador, C., Enríquez Rosado, M. del R., Gutiérrez Ortiz, M. del R., Vázquez Morillas, A., & Ojeda Benitez, S. (2020). Residuos en Playas de Zipolite. *Ciencia y Mar*, 3–21.
- Dahlbäck, N., Jönsson, A., & Ahrenberg, L. (1993). Wizard of Oz studies — why and how. *Knowledge-Based Systems*, 6(4), 258–266. [https://doi.org/10.1016/0950-7051\(93\)90017-N](https://doi.org/10.1016/0950-7051(93)90017-N)
- Diamond, J. (2005). *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. WW Norton & Company.
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D., & Beale, R. (2004). *Human–Computer Interaction* (Third edition). Pearson Education Limited.
- Dornbusch, Rudiger., Fischer, Stanley., & Startz, Richard. (n.d.). *Macroeconomia*.
- Druin, A. (2002). The role of children in the design of new technology. *Behaviour & Information Technology*, 21(1), 1–25. <https://doi.org/10.1080/01449290110108659>
- d.school. (2010). *Hasso Plattner Institute of Design at Stanford*. Bootcamp Bootleg.
- Duda, S., Warburton, C., & Black, N. (2020). *Contextual Research* (pp. 33–49). https://doi.org/10.1007/978-3-030-49059-1_3
- Dunlap, R., & Van Liere, K. (2008). The “new environmental paradigm.” In *Journal of Environmental Education* (Vol. 40, Issue 1, pp. 19–28). <https://doi.org/10.3200/JOEE.40.1.19-28>
- European Commission. (2015). *Circular Economy Package: Questions & Answers*.
- Friis Dam, R., & Yu Siang, T. (2020). *10 Insightful Design Thinking Frameworks: A Quick Overview*. <https://www.interaction-design.org/literature/article/design-thinking-a-quick-overview>.
- Gao, X., & Mu, Y. (2021). Interactive multimedia Network teaching evaluation based on object segmentation algorithm. *2021 IEEE 4th International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE)*, 551–553. <https://doi.org/10.1109/ICISCAE52414.2021.9590755>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

- Hartono, M., Candramata, M. A., Adhyatmoko, K. N., & Yulianto, B. (2016). Math Education Game for primary school. *2016 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, 93–96. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2016.7930309>
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of The Total Environment*, 586, 127–141. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>
- Howell, S. G. (1992). A ten year review of plastics recycling. *Journal of Hazardous Materials*, 29(2), 143–164. [https://doi.org/10.1016/0304-3894\(92\)85066-A](https://doi.org/10.1016/0304-3894(92)85066-A)
- Hu, H. (2022). Research on colour recognition sorting method of waste plastic bottles based on computer perspective. *2022 4th International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacturing (ALAM)*, 914–918. <https://doi.org/10.1109/AIAM57466.2022.00184>
- Hwa, S. P., & Mukti, N. A. (2004). CITRA: interactive multimedia package in moral education for primary school children. *2004 IEEE Region 10 Conference TENCN 2004.*, 247–250 Vol. 2. <https://doi.org/10.1109/TENCN.2004.1414577>
- INECC, I. N. de E. y C. C. (2019). *Contaminación con residuos plásticos en México*.
- Jeon, Y., Um, S., Yoo, J., Seo, M., Jeong, E., Seol, W., Kang, D., Song, H., Kim, K.-S., & Kim, S. (2020). Development of real-time automatic sorting system for color PET recycling process. *2020 20th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, 995–998. <https://doi.org/10.23919/ICCAS50221.2020.9268282>
- Johnson, A. W. (1987). *The Evolution of Human Society: From Foraging Group to Agrarian State* (T. K. Earle, Ed.).
- Keleş, Ö. (2011). *The Effect of Learning Cycle Model on Students' Reducing Ecological Footprints*.
- Kelley, T., Littman, J., & Peters, T. (2001). *The Art of Innovation: Lessons in Creativity from IDEO*. Currency.
- Kholmatova, A. (2017). *Design Systems* (1^o). Smashing Media AG.
- Krug, S. (2014). *Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability* (3rd Edition). New Riders.
- Kurniawan, Muh. A., Nuryana, Z., Hanafiah, Y., Ichsan, Y., Akhmad, F., & Fadhlurrahman. (2022). YouTube and Learning Media During COVID-19: A Case Study on Primary School Education. *2022 XII International Conference on Virtual Campus (JICV)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/JICV56113.2022.9934362>
- Levin Gelman, D. (2014). *Design For Kids: Digital Products for Playing and Learning* (1st ed.). Rosenfeld Media.
- Li, L., Li, M., Deng, H., Cai, L., Cai, H., Yan, B., Hu, J., & Shi, H. (2018). A straightforward method for measuring the range of apparent density of microplastics. *Science of The Total Environment*, 639, 367–373. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.166>
- Li, M.-C., & Tsai, C.-C. (2013). Game-Based Learning in Science Education: A Review of Relevant Research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(6), 877–898. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9436-x>

- Li, Y. (2021). Development of a Long-distance Multimedia Teaching Platform and Data Resource Library Based on the Multi-site Model. *2021 Third International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 1203–1206. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA51532.2021.9544695>
- Liu, Y. (2020). Human-Computer Interface Design Based on Design Psychology. *2020 International Conference on Intelligent Computing and Human-Computer Interaction (ICHCI)*, 5–9. <https://doi.org/10.1109/ICHCI51889.2020.00009>
- Martin, Bella., & Hanington, Bruce. (2012). *Universal methods of design : 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*. Rockport Publishers.
- Masuda, S., Fujimori, K., & Majima, Y. (2020). Development and Evaluation of Robot Teaching Materials for Learning to Cope with Elderly People with Dementia. *Proceedings - 2020 9th International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2020*, 826–827. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI50415.2020.00170>
- Matic, V. (2012). Environmental Education of Students in Vocational Schools in a Multimedia Surrounding. In *2012 Proceedings of the 35th International Convention MIPRO*.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43–52. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6
- Meinel, C., Leifer, L., & Plattner, H. (2011). *Design Thinking* (C. Meinel, L. Leifer, & H. Plattner, Eds.). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-13757-0>
- Naranjo Flores, A. A., Ramírez Cárdenas, E., López Acosta, M., & Francisco Rodriguez, I. (2020). *Manual de prácticas de Laboratorio de Ergonomía* (Primera Edición). Oficina de publicaciones ITSON.
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. Academic Press.
- Norman, D. (2002). *The Design of Everyday Things. Basic books* (BASIC BOOKS).
- OECD. (2018, May 24). *Governments need to act to encourage plastic recycling markets*. <https://www.oecd.org/chemicalsafety/governments-need-to-act-to-encourage-plastic-recycling-markets.htm>
- OECD. (2022). *Global Plastics Outlook*.
- OECD. (2023). Biodiversity: The key to unlocking sustainable development. In *A Decade of Development Finance for Biodiversity*. OECD. <https://doi.org/10.1787/fc6c5f77-en>
- Pamuk, S., & Kahriman-Pamuk, D. (2019). Preservice Teachers' Intention to Recycle and Recycling Behavior: The Role of Recycling Opportunities. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 9(1), 33–45.
- Pariona, A. G., Ames, J. I., & Huamanchahua, D. (2022). Automatic Sorting System Based on Sensors for the Extrusion of Filament Used in 3D Printers Based on Recycled PET Plastic Bottles. *2022 10th International Conference on Control, Mechatronics and Automation (ICCMA)*, 199–204. <https://doi.org/10.1109/ICCMA56665.2022.10011606>
- Plastics Europe. (2020). *Plastics-the Facts 2020 An analysis of European plastics production, demand and waste data*.

- Preece, J., Sharp, H., & Rogers, Y. (2015). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Reyes Arzola, E. (2022). 5S para el acopio y reciclaje del PET en instalaciones públicas y privadas en México. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 2432–2447. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2771
- Rowe, P. (1991). *Design Thinking*. MIT Press.
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2006). *ECONOMIA* (18ª ED.). MCGRAW-HILL.
- Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2009). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction* (5th ed.). Addison Wesley Longman.
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7595), 435–438. <https://doi.org/10.1038/531435a>
- Steg, L., & Vlek, C. (2009). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *Journal of Environmental Psychology*, 29(3), 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.10.004>
- Tague, N. (2005). *The Quality Toolbox* (3ª ed.). ASQ Quality Press.
- Tan, Z., Fei, Z., Zhao, B., Yang, J., Xu, X., & Wang, Z. (2021). Identification for Recycling Polyethylene Terephthalate (PET) Plastic Bottles by Polarization Vision. *IEEE Access*, 9, 27510–27517. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050816>
- Tang, W. F., Mak, S. L., & Li, C. H. (2020). Sustainable Management on Recycling Waste Plastic in Polymer-modified Asphalt Pavement and Roads. *2020 IEEE International Symposium on Product Compliance Engineering-Asia (ISPCE-CN)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ISPCE-CN51288.2020.9321859>
- The Food Tech. (2022). *El reciclaje en Latinoamérica: ¿cuál es el panorama actual en la región?* <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/el-reciclaje-en-latinoamerica-cual-es-el-panorama-actual-en-la-region/>.
- Trigger, B. G. (2007). *Understanding Early Civilizations: A Comparative Study*. Cambridge University Press.
- UNESCO. (2020). *Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo 2020: Inclusión y educación: Todos y todas sin excepción*. UNESCO. <https://doi.org/10.54676/WWUU8391>
- Universidad Pedagógica Nacional. (2021). *ECOPEDAGOGICA*. 26–35.
- Valbuena, J. S., & Rocha, C. A. (2020). Design of an Integration Model for Multimedia Systems for Alternative Reality Games. *2020 IEEE Games, Multimedia, Animation and Multiple Realities Conference (GMAX)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/GMAX49668.2020.9256832>
- Vazquez, A., Villavicencio, M. B., & Velasco Perez, M. (2016). *Reciclaje de plásticos Degradation of plastics in simulated landfill at lab scale View project Groundwater treatment View project*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4440.1527>
- Vega, E. (2022, September 15). México, en antepenúltimo lugar en matemáticas; Japón en primero, según prueba PISA. <https://vanguardia.com.mx/>.
- Wang, J., Han, W., & Bai, H. (2017). *Is Your Brain Green? An ERP based study of consumers' choice over recycling services*. 55–60.

- Wang, L., & Fang, Y. (2022). Research on Application of Perceptive Human-computer Interaction Based on Computer Multimedia. *2022 3rd International Conference on Intelligent Design (ICID)*, 281–284. <https://doi.org/10.1109/ICID57362.2022.9969748>
- Worster, D. (1994). *Nature's Economy: A History of Ecological Ideas* (University of Kansas).
- Xiao, H. (2022). Design of Mathematics Teaching System Based on Computer Network Multimedia Technology. *2022 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems (ICKES)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICKECS56523.2022.10060849>
- Zhu, W., Wang, X., & Gao, W. (2020). Multimedia Intelligence: When Multimedia Meets Artificial Intelligence. *IEEE Transactions on Multimedia*, 22(7), 1823–1835. <https://doi.org/10.1109/TMM.2020.2969791>