

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Desarrollo de un cuento interactivo con realidad aumentada para fomentar
el aprendizaje sobre seres vivos

TECH-424

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Presentado por:

Bryan Jair Segovia Mariscal

Andrés Ismael Toala Buitrón

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

DEDICATORIAS

Dedico este proyecto a mis padres, que creyeron en mí desde el primer día y nunca dejaron de hacerlo, a mis hermanos que también fueron parte de este proceso apoyándome cuando lo necesitaba y, a mi tía que también ha sido parte integral a lo largo de mi vida. Sin olvidar a amigos y compañeros con los cuales compartimos este viaje.

Bryan Segovia Mariscal

DEDICATORIAS

El presente proyecto lo dedico, en primer lugar, a Dios. A mis padres, familiares y amigos que me brindaron su apoyo inmenso e incondicional. A mis amigos más cercanos, quienes me estuvieron apoyando y motivando a ser mejor todos los días. Por ser los pilares fundamentales en mi vida y por darme fuerzas para seguir adelante. Mi corazón siempre estará con ustedes.

Andrés Toala Buitrón

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a mis padres Boris Segovia y Ana Mariscal, a mis hermanos Marlon y Evelyn, a mi tía Magdalena y a mi tío Ángel, quienes han sido mi familia a lo largo de mi vida, eternamente agradecidos con ellos.

Gracias también a algunos profesores que fueron parte integral de mi camino en la universidad.

Finalmente, gracias a amigos cercanos por ser un apoyo esencial a lo largo de la carrera que hemos compartido.

Bryan Segovia Mariscal

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar este proyecto.

A mis padres y familiares, por sus palabras de aliento y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y dedicación.

A mis amigos más cercanos, quienes estuvieron a mi lado en los momentos más difíciles y celebraron conmigo cada logro.

De manera especial, agradezco también a aquella persona que, con su apoyo, compañía y aliento, cambió mi vida y me brindó la motivación para seguir adelante.

A todos, mis más sinceros agradecimientos.

Andrés Toala Buitrón

Declaración Expresa

Nosotros, Andrés Ismael Toala Buitrón y Bryan Jair Segovia Mariscal acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

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

Guayaquil, 31 de mayo del 2025.

Andrés Ismael Toala Buitrón

Bryan Jair Segovia Mariscal

Evaluadores

PhD. Lucia Marisol Villacrés Falconí

Profesor de Materia

PhD. Otilia María Alejandro Molina

Tutor de proyecto

Resumen

La educación inicial enfrente el reto de captar la atención de niños de 4 a 5 años, quienes presentan periodos limitados de concentración y aprender mejor a través de experiencias multisensoriales. Para abordar esta problemática, se planteó como objetivo desarrollar y evaluar un cuento interactivo con realidad aumentada inspirado en la técnica japonesa del kamishibai, con el fin de facilitar la comprensión de los conceptos de adaptación a diferentes entornos de los seres vivos. Se implementó un prototipo móvil mediante el motor Unity y ARCore, donde ilustraciones físicas funcionaron como marcadores que dieron vida a escenas 3D con dinámicas interactivas de arrastre, movimiento del dispositivo y retroalimentación visual y auditiva. Las pruebas de usabilidad fueron realizadas con 10 niños en sesiones individuales, empleando observación estructurada y cuestionarios pictóricos. Los resultados demostraron promedios superiores a 4.3 sobre 5 en facilidad de uso, 4.6 en comprensión de interacciones y una calificación promedio del 90% de respuestas correctas en conceptos de adaptación, evidenciando mejoras en la atención y el aprendizaje. Por lo tanto, SolsiAR constituye un recurso educativo innovador y escalable, que integra narrativa, juego y tecnología para fortalecer el aprendizaje lúdico en educación inicial.

Palabras Clave: Realidad Aumentada, Educación Inicial, Interactividad, Aprendizaje Lúdico.

Abstract

Early childhood education faces the challenge of capturing the attention of children aged 4 to 5, who have limited concentration spans and learn better through multisensory experiences. To address this issue, the objective was to develop and evaluate an interactive story with augmented reality inspired by the Japanese kamishibai technique, to facilitate the understanding of concepts related to the adaptation of living beings to different environments. A mobile prototype was implemented using the Unity engine and ARCore, where physical illustrations served as markers that brought 3D scenes to life with interactive dynamics such as dragging, device motion control, and visual and auditory feedback. Usability tests were conducted with 10 children in individual sessions, employing structured observation and pictorial questionnaires. The results showed averages above 4.3 out of 5 in ease of use, 4.6 in interaction comprehension, and an average score of 90% correct answers in adaptation concepts, evidencing improvements in both attention and learning. Therefore, SolsiAR constitutes an innovative and scalable educational resource that integrates narrative, play, and technology to strengthen playful learning in early childhood education.

Keywords: *Augmented Reality, Early Childhood Education, Interactivity, Playful Learning*

Índice general	
Evaluadores.....	I
Resumen.....	II
Abstract	III
Índice de Figuras	VII
Índice de Tablas.....	IX
Abreviaturas.....	X
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del Problema	3
1.3 Justificación del Problema.....	4
1.4 Objetivos.....	5
<i>1.4.1 Objetivo general</i>	5
<i>1.4.2 Objetivos específicos.....</i>	5
1.5 Marco teórico.....	5
<i>1.5.1 Déficit de atención en la educación inicial: un desafío para el aprendizaje significativo</i>	5
<i>1.5.2 Métodos de enseñanza usados para mejorar la atención en educación inicial.....</i>	7
<i>1.5.3 Kamishibai</i>	9
<i>1.5.4 Tecnologías de Realidad Aumentada</i>	9
<i>1.5.5 Uso de la Realidad Aumentada en Educación</i>	10
<i>1.5.6 Mecanismos de Interactividad en el Aula</i>	11
<i>1.5.7 Educación de Ciencias Naturales con Soporte Tecnológico.....</i>	13
Capítulo 2	15
2. Metodología.....	16

2.1 Análisis	16
2.1.1 Enfoque Metodológico	16
2.1.2 Mapa de Actores	16
2.2 Requerimientos	17
2.2.1 Requerimientos funcionales.....	17
2.2.2 Requerimientos no funcionales	18
2.2.3 Alcance de la solución	19
2.2.4 Beneficios de la solución	24
2.2.5 Riesgos de la solución	24
2.2.6 Limitaciones de la solución.....	25
2.2.7 Formulación y Selección de Alternativas	26
2.3 Diseño	26
2.3.1 Diagrama de componentes	26
2.3.2 Diagramas de casos de uso	28
2.3.3 Diagrama de secuencia	39
2.4 Prototipo	43
2.4.1 Prototipo de baja fidelidad (Wireframe en papel).....	44
2.4.2 Prototipo de media fidelidad (Diseño en Figma).....	47
2.5 Plan de Evaluación	49
2.5.1 Evaluación de Usabilidad con Usuarios	49
2.5.2 Evaluación con Docentes.....	50
2.5.3 Instrumentos Detallados de Evaluación	51
2.6 Consideraciones Éticas y Legales	58
2.7 Rol del Investigador y/o Desarrollador	58
Capítulo 3	59
3. Resultados y Análisis	60
3.1 Presupuesto de Desarrollo	60

<i>3.1.1 Tiempo de desarrollo</i>	60
<i>3.1.2 Costos</i>	62
3.2 Requisitos Mínimos	62
<i>3.2.1 Compatibilidad con Android</i>	62
<i>3.2.2 Compatibilidad con iOS/iPad OS</i>	62
<i>3.2.3 Uso de RA</i>	62
3.3 Plan de Evaluación	63
<i>3.3.1 Planificación</i>	63
<i>3.3.2 Objetivo de la Evaluación</i>	64
<i>3.3.3 Reclutamiento de participantes</i>	64
<i>3.3.4 Metodología de Evaluación de Usabilidad</i>	64
3.4 Resultados	65
<i>3.4.1 Resultados de niños</i>	65
<i>3.4.2 Resultados de Docentes</i>	73
Capítulo 4	76
4.1 Conclusiones	77
4.2 Recomendaciones	78
Referencias	79

Índice de Figuras

Figura 1. Boceto escenas	20
Figura 2. Boceto escenas	20
Figura 3. Boceto escenas	20
Figura 4. Diagrama de componentes de SolsiAR, incluye la aplicación, la interfaz de controles, el motor ARCore (<i>realidad aumentada</i>), <i>mecánicas de juego</i> y los módulos <i>que generan</i> contenido.....	27
Figura 5. Diagrama de casos de uso del flujo general	30
Figura 6. diagrama casos de uso escena 1	31
Figura 7. Diagrama casos de uso escena 2	32
Figura 8. Diagrama casos de uso escena 3	33
Figura 9. Diagrama casos de uso escena 4	34
Figura 10. Diagrama casos de uso escena 5	35
Figura 11. Diagrama casos de uso escena 6	36
Figura 12. Diagrama casos de uso escena 7	37
Figura 13. Diagrama casos de uso escena 8	38
Figura 14. Diagrama de secuencia general	41
Figura 15. Diagrama de secuencia de interacción pedagógica - docente y estudiante2.	43
Figura 16. Prototipo de baja fidelidad escena 1.....	45
Figura 17. Prototipo de baja fidelidad escena 6.....	46
Figura 18. Prototipo de baja fidelidad escena 7.....	47
Figura 19. Prototipo de media fidelidad escena 5	48
Figura 20. Prototipo de media fidelidad escena 7	49
Figura 21. Encuesta niños página 1	53
Figura 22. Encuesta niños página 2	54
Figura 23. Evaluación de Ubicación de la Cámara	66
Figura 24. Evaluación de Reconocimiento de Realidad Aumentada	67
Figura 25. Evaluación de Reconocimiento de Interacciones.....	67
Figura 26. Intentos Totales por Escena	69
Figura 27. Intentos por escena - Escena 2	69
Figura 28. Intentos por escena - Escena 5	70
Figura 29. Intentos por escena - Escena 6	70

Figura 30. Intentos por escena - Escena 8	71
Figura 31. Puntuaciones en Cuestionario pictórico sobre aprendizajes	73

Índice de Tablas

Tabla 1: Recetas Propuestas (con combinaciones equilibradas)	23
Tabla 2: Tiempo de desarrollo por área.....	61
Tabla 3: Resultado de niños por escena con interacción	72
Tabla 4: Resultados cuestionario aceptación tecnológica	74

Abreviaturas

RA Realidad Aumentada

Capítulo 1

1.1 Introducción

En el contexto de la educación básica, específicamente para la formación en ciencias naturales hay una persistente búsqueda de procedimientos innovadores, por lo tanto, hay que lograr captar la atención de los estudiantes y ayudarles a retener mejor lo que aprendan, esto es usando juegos y métodos inmersivos. El kamishibai es una forma tradicional de contar cuentos originado en Japón, donde ya ha sido validada en la práctica como una técnica aplicada en aulas de inicial, en este sentido, al combinar texto, narración e ilustraciones se obtiene una experiencia multisensorial. Por otra parte, la Realidad Aumentada (RA) ha probado en diversos estudios ser una buena herramienta para el aprendizaje debido a que nos permite visualizar información digital sobre el mundo real, llamando la atención y creando un impacto.

Este proyecto forma parte de las iniciativas de investigación de MIDI-am (Facultad de Administración y Comunicación, FADCOM), que consiste en hacer un prototipo de aplicación móvil de RA combinándolo con el cuento del kamishibai. Se tiene como objetivo principal la enseñanza de conceptos sobre los seres vivos a niños de 4 a 5 años. Previo al desarrollo de la herramienta, la historia se validó con profesores, además de la revisión de varios estudios nacionales como internacionales, sobre el uso de videojuegos combinado con la realidad aumentada en un contexto serio. Obteniendo, una base para avanzar con el desarrollo y evaluación de esta herramienta.

Consideramos que esta herramienta no solo puede llegar a ser un aliado en el aula, sino que además puede ser un gran inicio para potenciar comercialmente soluciones educativas aplicando realidad aumentada.

1.2 Descripción del Problema

La enseñanza de la adaptación de los seres vivos a diferentes condiciones climáticas enfrenta varias limitaciones en niveles iniciales de educación:

- Requerimientos pedagógicos: Es necesario presentar el contenido de forma atractiva y contextualizada, considerando que los alumnos de 4 a 5 años tienen un nivel de atención reducido y aprenden mejor con elementos concretos y manipulables.
- Restricciones técnicas: El material debe funcionar sobre tabletas o smartphones con capacidades de RA moderadas, sin exigir hardware de alta gama. Además, debe poder escanear marcadores físicos (tarjetas kamishibai, códigos QR) de fácil impresión y manipulación.
- Variables de interés: Atención de los niños durante la sesión (duración e interacción). Comprensión de los conceptos de adaptación (evaluada mediante actividades de retroalimentación). Usabilidad de la aplicación (facilidad de escaneo y desencadenado de escenas RA).

El problema es importante porque, a pesar de la creciente disponibilidad de tecnologías móviles en las aulas, sigue existiendo una brecha entre la dotación de dispositivos y su aprovechamiento pedagógico. La falta de recursos didácticos físicos que se integren de manera coherente con aplicaciones digitales y la escasa incorporación de recursos digitales interactivos en nivel preescolar hace que muchas escuelas no maximicen el potencial de la RA para el aprendizaje.

1.3 Justificación del Problema

Resolver esta problemática es crucial porque:

- Mejora del aprendizaje: Las metodologías lúdicas con RA y narración kamishibai pueden aumentar significativamente la atención y la retención de conceptos científicos en edades tempranas. Además, al combinar adecuados estímulos visuales, auditivos y kinestésicos adaptamos al niño a un aprendizaje multisensorial.
- Mejora de la motricidad y del pensamiento lógico: Mediante las tecnologías involucradas se desarrollan las habilidades motoras finas a través de las interacciones táctiles. También, se fomentan la creatividad y razonamiento lógico mediante la narración.
- Accesibilidad pedagógica: Al combinar un producto físico (cuento kamishibai) con una app, se aprovechan las ventajas de ambos formatos, haciendo el recurso accesible incluso en centros con presupuesto limitado, enriqueciendo las estrategias didácticas en la docencia de preescolar.
- Escalabilidad y replicabilidad: Un prototipo bien diseñado y validado puede replicarse fácilmente a otros temas curriculares (ciclo del agua, tipos de ecosistemas, etc.), multiplicando su impacto en el sistema educativo.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Desarrollar y evaluar un prototipo funcional de cuento kamishibai interactivo con realidad aumentada para fortalecer la atención y el aprendizaje de los conceptos de adaptación de los seres vivos en niños de 4 a 5 años.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Investigar el estado del arte en realidad aumentada educativa y adaptaciones metodológicas para la enseñanza de ciencias en educación inicial.
- Implementar el prototipo de aplicación móvil, integrando mecánicas interactivas y reconocimiento de marcadores para activar contenido en RA.
- Evaluar la experiencia de usuario y el nivel de comprensión de los alumnos mediante pruebas preliminares, analizando métricas de atención, usabilidad y aprendizaje.

1.5 Marco teórico

1.5.1 *Déficit de atención en la educación inicial: un desafío para el aprendizaje significativo*

La educación inicial, comprendida como una etapa fundamental en el desarrollo cognitivo y emocional de los niños, requiere especial atención en la capacidad de concentración sostenida de los niños, ya que esta resulta clave para que se produzcan aprendizajes significativos en los primeros años de escolaridad. Sin embargo, diversos

estudios coinciden en que la atención de los niños entre 4 a 5 años es limitada, fluctuante y altamente sensible a estímulos del entorno [1], [2]. Esta característica natural del desarrollo evolutivo se convierte en un reto pedagógico cuando los contenidos escolares no logran captar el interés infantil o se presentan de forma abstracta y desvinculada del contexto cotidiano.

Un desafío en la educación inicial es la limitada disponibilidad de recursos didácticos que logren captar la atención de los niños sin que sean abrumados, ya sea a nivel cognitivo o sensorial [3]. Según lo declarado en [4], esta etapa es de vital importancia en la educación, ya que una intervención adecuada puede influir en el desarrollo de las capacidades, habilidades y competencias a lo largo de la vida de los niños. Por lo tanto, el aprendizaje se facilita cuando se utilizan estímulos visuales, manipulativos y narrativos que despierten la curiosidad y establezcan una conexión emocional con el contenido.

La preocupación por la falta de atención en el aula no es algo nuevo. Sin embargo, esta preocupación ha ido aumentado y teniendo más relevancia en la actualidad, donde los niños desde muy temprana edad están expuestos a tecnologías altamente estimulantes y dinámicas, como videos cortos o juegos interactivos [5], [6]. Esta exposición altera los niveles de atención y lleva a los docentes a reconsiderar sus estrategias de enseñanza tradicionales, incorporando elementos que se adapten a estas nuevas maneras de procesar la información [7].

En este contexto, unir estas tecnologías emergentes como la RA y enfoques pedagógicos narrativos como el kamishibai dentro de la educación da oportunidades para redirigir la atención de los niños hacia aprendizajes curriculares, transformando la experiencia educativa tradicional en algo activo, participativo y memorable. La RA, al superponer elementos digitales interactivos sobre el entorno físico, no solo capta la

atención del niño de inmediato, sino que también fomenta la exploración autónoma y el aprendizaje multisensorial, los cuales son importantes para los niños en sus primeras etapas de educación [8], [9].

Por lo tanto, al investigar sobre el problema déficit de atención desde una perspectiva lúdica y tecnológica respondemos a una necesidad inmediata en el aula, y además ayudamos a que se establezcan las bases para un aprendizaje más inclusivo y efectivo, alineado con el objetivo de desarrollo sostenible: educación de calidad.

1.5.2 Métodos de enseñanza usados para mejorar la atención en educación inicial

El sistema educativo actual, está concentrado en la "construcción del conocimiento", en la que tanto estudiantes como docentes deberán generar nuevos saberes juntos. Las teorías de Piaget resaltan la importancia del juego en el desarrollo del pensamiento humano en tres fases: juego funcional, juego simbólico y los juegos con reglas. Se necesitan educadores que, mediante el juego, asuman nuevas posturas y se separen de los métodos tradicionales. En la actualidad, se necesitan educadores que sean creativos e innovadores que enfoquen su enseñanza en el desarrollo integral de los estudiantes. La UNICEF indica y justifica que los juegos influyen en la pedagogía y en el desarrollo de la personalidad [1]. Jugar en la infancia nos ayuda a mejorar las relaciones interpersonales y a preparar a los individuos para actividades futuras.

Es fundamental que los docentes enfrenten desafíos, retos y oportunidades en el contexto mundial actual, promoviendo el empleo de la gamificación como método educativo para niños de 4 a 5 años. La gamificación, la cual se originó en los pueblos germánicos, consiste en aplicar dinámicas de juego en diversos contextos. Esta técnica ayuda a que los estudiantes de 4 a 5 años disfruten del aula y aborden situaciones de aprendizaje y resolución de problemas [2]. La gamificación es una estrategia que permite que estudiantes desarrollen habilidades cognitivas desde edades más tempranas, y la

misma debe cumplir ciertos objetivos para ser efectiva en el desarrollo, estos objetivos son la fidelización, motivación, optimización y recompensa [2].

Muchos de los juegos digitales educativos se consideran juegos estructurados que integran elementos de los videojuegos tradicionales con componentes pedagógicos. Su propósito es ayudar en su aprendizaje y promover el desarrollo de habilidades en los niños. Además, los videojuegos pueden contribuir a la mejora de las prácticas educativas, potenciando el desarrollo cognitivo y motor de los estudiantes [2]. Para planear una clase con gamificación, se debe escoger un juego en base a los logros de aprendizaje. Durante la clase es necesario situar a los estudiantes dentro del contexto de la clase, detallar normas y tiempo de uso, establecer un sistema de recompensas y luego retroalimentarles sobre lo logrado durante la clase.

La educación psicomotriz por su parte desempeña un rol esencial en el desarrollo integral de los niños porque contribuye a la mejora de la salud mental y física, fomenta a que sean independientes y estimula a la socialización. Por medio de la estimulación psicomotriz, los niños obtienen capacidades fundamentales para desenvolverse en su entorno, mejorando su autoestima y desarrollo físico. Asimismo, la motricidad fina, es fundamental para el desarrollo de la conciencia corporal y espacial, desde los primeros años de vida hasta la etapa escolar, lo cual tiene un impacto directo en el progreso del equilibrio, la memoria y la creatividad. El dominio de la motricidad fina es crucial para aprender a escribir en el contexto educativo, pues supone la fusión de competencias cognitivas y motoras, lo que facilita una adaptación más adecuada al proceso de enseñanza-aprendizaje [3].

1.5.3 Kamishibai

El Kamishibai es un método de narración tradicional japonesa que significa "drama en papel" y consiste en una secuencia de láminas dibujadas con texto en el reverso, las cuales se muestran en un teatro de madera conocido como *butai*. Se considera un recurso didáctico significativo en la educación infantil, dado que promueve la lectura en voz alta y la narración oral, incentivando a que los pequeños participen y se involucren con las historias [4].

Al proporcionar un lenguaje dinámico y sencillo utilizando onomatopeyas, frases cortas, diálogos y repeticiones, el kamishibai fomenta la creatividad y el desarrollo del lenguaje. Asimismo, los dibujos de gran tamaño y colores llamativos ayudan a captar la atención y comunicar sentimientos. La composición de las láminas y el movimiento de presentación, mantienen el interés y la expectativa en los niños [4].

Esta técnica permite incorporar contenidos de aprendizaje dentro de la narración, en el ámbito educativo, lo que promueve la mediación lectora y el desarrollo de habilidades comunicativas. Su implementación en el aula fortalece la motivación de los estudiantes y amplia las formas de narrar, brindando una opción que enriquece los métodos convencionales de contar cuentos.

1.5.4 Tecnologías de Realidad Aumentada

La realidad aumentada es una tecnología que posibilita la superposición de capas de información digital en el mundo real, lo cual permite enriquecer el ambiente que percibe el usuario [10]. En el ámbito de la educación, se utilizan principalmente en dispositivos móviles (tablets y smartphones) que cuenta con cámaras y sensores. En el desarrollo de RA, las plataformas y los frameworks más frecuentes incluyen: ARCore

(Google) y Vuforia (PTC) son SDKs multiplataforma que funcionan en Android e iOS, mientras que ARKit (Apple) está dirigido a dispositivos con el sistema operativo iOS [11]. ARKit y ARCore brindan funciones parecidas (seguimiento de movimiento, detección de planos, anclajes 3D, etc.), pero Vuforia se distingue por su capacidad para reconocer objetos e imágenes, incluso en dispositivos que no son compatibles con ARKit [11]. Por su parte, Unity —una plataforma de desarrollo de juegos— integra el paquete AR Foundation, que unifica el desarrollo de experiencias de RA para varias plataformas (empleando internamente ARKit, ARCore, HoloLens, Meta Quest, etc.) [12]. De este modo, AR Foundation permite “desarrollar una sola vez y desplegar en múltiples dispositivos” sin reescribir la aplicación para cada plataforma [12]. Además, existen otras herramientas (como Wikitude, Spark AR de Meta, o bibliotecas web AR.js) y dispositivos especializados (gafas de RA), pero los anteriores marcos son los más usados en proyectos educativos actuales.

1.5.5 Uso de la Realidad Aumentada en Educación

Diversos estudios muestran que la RA puede mejorar el aprendizaje y la motivación en estudiantes de nivel primario. Por ejemplo, [13] realizaron una revisión sistemática de aplicaciones de RA en educación preescolar y primaria y hallaron que las principales ventajas fueron el disfrute, la implicación y las ganancias de aprendizaje de los alumnos. La RA permitió a los alumnos lograr una comprensión más profunda de los contenidos y aumentó su interés, motivación y participación [13], [14]. En esta misma línea, reporta que los niños que aprendieron ciencias naturales mediante aplicaciones de RA obtuvieron mejores resultados que aquellos con métodos tradicionales; en particular, se observó una mayor comprensión de conceptos, autonomía en el aprendizaje, motivación y rendimiento académico [14]. Podemos observar también que la realidad aumentada ha sido aplicada con anterioridad con resultados positivos en diversos temas

de aprendizaje, la adaptación de seres vivos [15], enseñanza de lengua y literatura [16], [17] y demás conceptos que niños en edad preescolar requieren [18], [19], [20]. Los entornos de RA favorecen que los estudiantes interactúen entre sí, con el docente y con el contenido virtual [14]. A nivel nacional, proyectos de realidad aumentada han sido implementados por el Ministerio de Educación, como es el caso de los aplicativos “CONOCIENDO” [21], aunque dichos aplicativos están orientados a niños de educación primaria básica (6 a 12 años).

Sin embargo, la implementación de RA tiene limitaciones técnicas (hardware y conectividad) y posibles efectos de sobrecarga cognitiva si se emplea sin estrategia pedagógica [13]. Además, un estudio en primaria encontró que, aunque los alumnos reconocen las ventajas didácticas de los videojuegos, en algunos casos no mostraron disposición inmediata a usar juegos basados en RA, lo que sugiere la necesidad de formar a los docentes para integrar adecuadamente esta tecnología [22]. En resumen, la literatura concluye que la RA ofrece numerosas oportunidades educativas (aprendizaje más significativo, entornos inmersivos, conciencia ecológica) [14], pero requiere un diseño pedagógico cuidadoso y apoyo técnico para mitigar limitaciones y garantizar la aceptación de profesores y alumnos.

1.5.6 Mecanismos de Interactividad en el Aula

La interactividad y la participación son fundamentales para el aprendizaje en primaria. Para ello se emplean metodologías como el aprendizaje basado en juegos (game-based learning) y la gamificación. El aprendizaje basado en juegos utiliza videojuegos o juegos diseñados pedagógicamente para enseñar contenidos; las investigaciones indican que este enfoque tiene un efecto moderado a grande en variables como la cognición, la emoción, la motivación y el compromiso de los alumnos. Por

ejemplo, se ha visto que al fusionar el juego con el aprendizaje los niños muestran mayor creatividad y disfrutan el proceso educativo [23].

La gamificación, por su parte, incorpora elementos de diseño de juegos (puntos, insignias, retos, niveles, narrativa, etc.) en contextos escolares sin ser juegos en sí mismos. Los defensores de la gamificación afirman que ella refuerza habilidades educativas clave (resolución de problemas, colaboración, comunicación) y anima a los estudiantes a desempeñar un papel activo en su proceso de aprendizaje [24]. Según lo mencionado en una revista de docencia [24], un enfoque gamificado puede aumentar la participación en proyectos, foros y actividades educativas al generar dinámica de interacción continua [24]. No obstante, existen críticas: si se aplica inadecuadamente la gamificación puede distraer (por competición desmedida, estrés). De hecho, la revisión concluye que, aunque en general la literatura apoya efectos positivos de la gamificación en motivación y conducta, persisten desafíos de diseño pedagógico.

Además de juegos y gamificación, las aplicaciones interactivas (por ejemplo, cuestionarios en línea tipo Kahoot, Quizzes, simuladores científicos, aplicaciones de exploración AR) enriquecen la interactividad. Estas herramientas permiten al estudiante experimentar activamente con el contenido: responder preguntas en tiempo real, explorar entornos virtuales o visualizar objetos 3D, en lugar de recibir pasivamente información. Las aplicaciones interactivas y las metodologías lúdicas (juegos) contribuyen a que el estudiante aprenda activamente y se sienta motivado de manera intrínseca, lo cual es coherente con los enfoques constructivistas de la pedagogía, en los que el alumno construye su propio conocimiento por medio de la experiencia [24].

1.5.7 Educación de Ciencias Naturales con Soporte Tecnológico

En la educación de las ciencias naturales en la educación primaria, la tecnología educativa moderna tiene como objetivo volver más accesibles y llamativos conceptos como la adaptación de los seres vivos. Las plataformas digitales y las experiencias inmersivas ofrecen más opciones para enseñar las adaptaciones biológicas (como la migración, el camuflaje o las especializaciones morfológicas), que normalmente se enseñan con ejemplos reales. Por ejemplo, hay simuladores y aplicaciones de realidad aumentada que posibilitan la visualización de modelos tridimensionales de hábitats o la ilustración de cómo las propiedades de los animales y las plantas varían en función del ecosistema en el que se encuentran. La realidad aumentada, utilizada en ciencias naturales, fomenta la conciencia medioambiental y permite que los alumnos logren un entendimiento profundo de las ideas, según estudios [14]. Esto es particularmente relevante en lo que respecta a las adaptaciones: los estudiantes pueden, por ejemplo, dirigir la cámara de un aparato hacia una imagen de un bosque y ver cómo aparece un ciervo con pelaje invernal, observando, así como la tecnología (la realidad aumentada) representa adaptaciones reales en su contexto.

Las plataformas digitales de ciencias (juegos pedagógicos de biología, laboratorios virtuales, aplicaciones para experimentos, entre otros) normalmente incrementan la visualización y experimentación de fenómenos complejos que no se pueden demostrar en el aula (como la fotosíntesis o la polinización). La incorporación de estas tecnologías ha demostrado incrementar el aprendizaje y la participación en ciencias: además de lo informado en [14], otras investigaciones a niveles diferentes han indicado que la realidad aumentada (RA) mejora tanto el rendimiento como la motivación en campos científicos. En resumen, las tendencias contemporáneas para el aprendizaje de las ciencias naturales incluyen la combinación de metodologías lúdicas, entornos inmersivos

(RA/VR) y aplicaciones interactivas. En el caso específico de la adaptación de los seres vivos, estas herramientas permiten al alumnado interactuar con modelos dinámicos y juegos educativos que refuerzan la comprensión de cómo las especies se ajustan a su ambiente, enriqueciendo así la enseñanza con experiencias significativas.

Capítulo 2

2. Metodología

2.1 Análisis

El análisis fue realizado mediante reuniones virtuales y presenciales con el cliente y su equipo. Durante estas sesiones, se planteó la visión general y los requerimientos iniciales del producto final, los cuales ya habían sido definidos por el cliente. Además, el cliente proporcionó los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Como resultado, nuestro enfoque principal se centró en la implementación del desarrollo. Sin embargo, el cliente permitió el intervenir en sus discusiones de ideas del producto final, especialmente en las interacciones a realizar con el usuario durante las escenas ya que los niños que participaran tienen una edad de 4 a 5 años y se utilizará realidad aumentada. Esto nos brindó la oportunidad de agregar valor al optimizar las experiencias interactivas.

2.1.1 Enfoque Metodológico

Se implementó una metodología ágil llamada Scrum, que permitió un enfoque iterativo e incremental para la organización del trabajo. Lo que permitió realizar pruebas iterativas de cada escena desarrollada, adaptando cambios progresivamente y validando funcionalidades a medida que avanzaba el tiempo de desarrollo.

2.1.2 Mapa de Actores

Se identificó y clasificó a los actores clave involucrados en el problema. Esta etapa nos permitirá comprender el ecosistema del proyecto y asegurar que la solución propuesta se alineará con las necesidades y expectativas de todos los grupos relevantes. Los actores identificados se categorizan de la siguiente manera:

- Niños (de 4 a 5 años): El diseño y la funcionalidad del producto busca fomentar su nivel de atención y enriquecer su aprendizaje sobre la adaptación de los seres vivos.
- Docentes de educación inicial: Integran el cuento dentro del entorno educativo donde se llevó a cabo el estudio. Buscan fomentar y enriquecer la educación de sus alumnos.

2.2 Requerimientos

2.2.1 Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales son:

- Reconocimiento de Ilustraciones Físicas:

La aplicación debe ser capaz de identificar y procesar ilustraciones impresas, como marcadores o imágenes, para activar el contenido de realidad aumentada que corresponde a cada escena.

- Interacciones Táctiles:

El sistema debe incluir diversos tipos de mecanismos de interacción para mejorar la coordinación de los usuarios, como la selección de opciones mediante toques y el arrastre de objetos en realidad aumentada dentro de la interfaz.

- Control por Movimiento del Dispositivo:

El sistema debe permitir a los usuarios manipular y controlar elementos virtuales en el entorno virtual simplemente moviendo el dispositivo, ya sea inclinándolo o desplazándolo.

- Retroalimentación por Escena:

El sistema debe proporcionar retroalimentación inmediata y adecuada, tanto visual como auditiva, para el usuario.

- Repetición de Instrucciones:

La aplicación debe contar con una función que permita a los usuarios repetir las instrucciones de la actividad o interacción actual mediante la activación de botones específicos.

2.2.2 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales del cuento interactivo con el fin de asegurar la calidad, la usabilidad y el rendimiento de este son los siguientes:

- Rendimiento y Fluidez en Dispositivos:

La aplicación debe ejecutarse sin interrupciones ni muestras de poca capacidad de procesamiento.

- Tiempo de Reconocimiento de Marcadores:

La aplicación debe mostrar el contenido de realidad aumentada, máximo 5 segundos después de haber escaneado el marcador físico.

- Latencia de Interacciones:

Las interacciones táctiles y de movimiento del dispositivo no deben tener ningún tipo de retraso que afecte a la experiencia del usuario.

- Fluidez de Animaciones:

Las animaciones y transiciones dentro de las escenas debían ser fluidas y sin interrupciones perceptibles, contribuyendo a una experiencia visual atractiva y continua.

- Optimización del Tiempo de Carga:

El tiempo de carga entre las diferentes escenas del cuento debía ser mínimo, con el fin de mantener la atención y el interés del usuario infantil.

- Usabilidad y Diseño de Interfaz:

La interfaz de usuario debía ser simple, intuitiva, visualmente atractiva y fácil de usar para niños en el rango de edad de 4 a 5 años, minimizando la necesidad de asistencia externa.

- Operatividad Offline:

La aplicación debía funcionar completamente sin necesidad de conexión a internet una vez descargada, permitiendo su uso en diversos entornos educativos o domésticos sin restricciones de conectividad.

2.2.3 Alcance de la solución

La solución que desarrollamos fue un cuento interactivo con realidad aumentada creado para niños de 4 a 5 años y sus profesores de educación inicial. La aplicación permitió a los usuarios interactuar con las escenas usando dispositivos móviles compatibles con realidad aumentada, donde las ilustraciones físicas actuaron como "activadores" de las experiencias digitales.

El producto incluyó ocho escenas con dinámicas diversas que fomentaron la toma de decisiones, la resolución de problemas y el aprendizaje sobre cómo los seres vivos se adaptan a diversos entornos. Es importante destacar que, si bien la mayoría de las escenas incorporan actividades de realidad aumentada, algunas fueron diseñadas sin esta interacción para mantener el flujo de la historia, asegurando que los niños siguieran el cuento de manera continua.

A continuación, se puede ver un boceto de las 8 escenas en la Figura 1, Figura 2 y Figura 3.

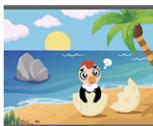
Escena	Tiempo	Diálogos y voz	Interacciones de usuario	Elementos 3D/2D y perspectiva
1. Solsi nace	1 min lectura + 2 min actividad + 1 min RA Mecánica RA: Aparece una animación donde Solsi rompe el cascarón y se presenta. Al terminar la pregunta de opción botón 2D de si o no.	Solsi: "¡Hola! Soy Solsi. Estoy buscando a mi familia... ¿Me ayudas en mi aventura?" 		3D: modelados o Playa o Huevo de cóndor (1 pieza). o Solsi bebé saliendo del cascarón (1 animación). o Solsi corriendo saliendo de escena (1 animación). 2D: Botones sí/no. Vista frontal dinámica centrada en Solsi. Animación: Solsi sale del huevo, solsi hablando, solsi corriendo. Transición de fin de escena animada. https://pin.it/7KRA47Inl
2. Dori y mochila	1 min lectura + 3 min actividad + 2 min RA Mecánica RA: Arrastrar los 5 objetos correctos a la mochila para completar la actividad.	Solsi: "¡Vamos al mar! Ayúdame arrastrando a mi mochila los 5 objetos que necesito para nadar en el mar." "¡Perfecto! Ya tengo todo, yupi me voy a nadar con Dori." (corre al mar) Narrador: ups pero olvidó colocarse las cosas	Solsi: "Los objetos 2D estarán dispersos en la playa. ✓ Correcto (al poner ítems correctos): "¡Muy bien!" Genial, correcto. Esa es bien hecho. ✗ Incorrecto (al arrastrar ítems incorrectos): "¡Ay! eso no, na-á, Ups, no sirve para nadar, no lo necesito" (Qué rico huele! ¡Esta receta es perfecta!)"	3D: Botones sí/no. Vista frontal dinámica centrada en Solsi. Animación: Solsi sale del huevo, solsi hablando, solsi corriendo. Transición de fin de escena animada. https://pin.it/7KRA47Inl
3. Pesca	1 min lectura + 3 min actividad + 1.5 min RA Mecánica RA:	Solsi: "¡Gracias por ayudarme a pescar! ¡Estuve delicioso!" 	No interactivo. Animación automática al detectar IMAGEN: Solsi come peces + eructo divertido	3D: Solsi gordito comiendo. Pez a ser arrojado y comido. Peces deshuesados alrededor. Vista lateral frontal con movimientos expresivos.
4. Madriguera con Ñami	1.5 min lectura + 2.5 actividad + 1.5 min RA Mecánica RA:	Solsi: "¡Esta vez sí entro!" Ñami: "No otra vez, (solsi salta y queda atascado) Solsi! ¡ay, ay!" Ñami: "Ya te dije que no eres un mejor! (dice mientras lo cava para liberarlo)" (Ñami libera a solsi y juntos se ríen)	No interactivo. Animación automática al detectar IMAGEN: Solsi se atasca, Ñami lo libera.	3D: Ñami, madriguera, Solsi animado. Plano del bosque

Figura 1. Boceto escenas

5. Refugio bajo lluvia	1 min lectura + 3 min actividad + 2 min RA Mecánica RA: Cubrir con paraguas a los personajes de la lluvia. Con esta mecánica, el usuario deberá mover el dispositivo móvil para cubrir a los personajes.	Solsi: "¡Protégetnos de la lluvia mientras terminamos el refugio!" Mueve la tablet para seguir a nuestros amigos y evitar que se mojen. Mojados: achaucha, brrr frío, me mojo, waa, noo, protégeme. Lo lograron: solsi "Gracias amigos, me encanta mi nuevo refugio!"	Mover dispositivo para seguir con paraguas a Solsi y Ñami. Tiempo 30s cubriendo. Cuando el usuario no esté cubriendo a los personajes, estos realizarán una animación de "sentir frío", junto con ejecutar un audio de ánimos para que el jugador realice la mecánica.	3D: refugio, paraguas, Solsi/Ñami. Animación mojado/abrigado. Vista isométrica lateral. Sonidos de lluvia y frío. 
6. Cocina con Osi	1 min lectura + 3 min actividad + 2.5 min RA Mecánica RA: preparar las recetas que indique. Podrán ver los diferentes ingredientes, Lanzar ingredientes con slingshot a la olla (tipo Angry Birds).	Solsi: "¡Qué divertido cocinar! Ayúdanos a seguir la receta." Sopa del bosque coloca un... ✓ Correcto (al poner ítems correctos): "¡Muy bien!" Genial, correcto. Esa es bien hecho. ✗ Incorrecto (al arrastrar ítems incorrectos): eso no, na-á, nopl, ups.	Nombre Receta Sopa del bosque Ensalada feliz Frutisorpresa Ingredientes Correctos Zanahoria + Papa + Acelga Tomate + Lechuga + Col Manzana + Plátano-Frutilla Distractores posibles Tomate, Uva Mango, Mora Cebolla, aceituna ✓ Gana cada receta ¡Qué rico! WUIU! A comer! ¡Esta receta es perfecta!"	3D: olla central, frutas/verduras animadas, resortera, Solsi animado. Animación: brillos en cada logro, al terminar hay luz y sonido correcto. 2D: interfaz de receta. Vista frontal inclinada a la olla. 
7. Subida montaña	1 min lectura + 2.5 min actividad + 1 min RA Mecánica RA: Presiona los botones para cambiar entre 4 climas de la cordillera:	Solsi: "¡Wow! Estamos en la cordillera de los andes. Toca los botones para cambiar el clima." Solsi narra botones: soleado, lluvioso, nevado, nublado.		3D: Osi cargando a Solsi, montaña, efectos clima. 2D: botones UI. Vista panorámica lateral.

Figura 2. Boceto escenas

8. Reencuentro y juego de trivias	1 min lectura + 2 min actividad + 3 min RA Mecánica RA: habrán 2 preguntas. Mostrará a los 4 personajes, el niño deberá arrastrar drag & drop una de las tarjetas hacia el personaje correcto, en la 1ra pregunta al soltar la tarjeta correcta. El plano del suelo debajo del personaje se transforma en su hábitat (playa, pradera, bosque, montaña). 	Solsi: "Amigos, vamos a celebrar que encontré a mi familia... ¡juguemos y veamos cuánto hemos aprendido! todos:— ¡Síii! 12Recuerdas dónde vive cada uno? Arrasta su lugar favorito hacia ellos. 2 ¿Quién hace lo mismo que Dori, Nami, Osi o yo, pero con cosas humanas?" <u>Aquí los refuerzos te dicen todos.</u>	Correcto:Dori playa, Ñami bosque seco, Osi bosque andino, Solsi Montañas andes. Humano correcto Dori: Pescador con caña Buzo con aletas Ñami: Albañil cavando túnel Jardineró sembrando zanahorias Osi: Granjero recopilador de frutas con cesta Chef oliendo ingredientes de comida Solsimontañista en cima de montaña Piloto de avioneta	3D: Solsi, Ñami, Dori, Osi juntos animados. 2D: botones, íconos preguntas. Vista tipo escenario flotante. 
-----------------------------------	--	--	---	---

Figura 3. Boceto escenas

2.2.3.1 Descripción de las escenas

Escena 1: Solsi nace

Objetivo de aprendizaje: Entender la importancia de la familia como un lugar de resguardo y protección.

Interacción RA: Al escanear la ilustración, Solsi rompe el cascarón y se presenta mediante una animación. Se ofrecieron dos opciones de respuesta a través de botones 2D para fomentar la participación, concluyendo con una vista 3D de Solsi y el cascarón.

Justificación: La introducción directa y lúdica permitió captar la atención inicial de los niños.

Escena 2: Dori y mochila

Objetivo de aprendizaje: Identificar los elementos necesarios para nadar y diferenciar objetos relacionados y no relacionados.

Interacción RA: El niño debía arrastrar los objetos correctos a la mochila mediante la mecánica de arrastre.

Justificación: La selección visual y manipulativa facilitó la toma de decisiones y reforzó la motricidad fina.

Escena 3: Pesca

Objetivo de aprendizaje: Comprender la búsqueda de alimento como parte de la adaptación.

Interacción RA: Implementación en 3D de la animación de Solsi comiendo peces y mostrando gratitud de forma lúdica.

Justificación: Se reforzó el aprendizaje mediante recompensas visuales y gestos graciosos.

Escena 4: La madriguera

Objetivo de aprendizaje: Entender que no todos los animales pueden adaptarse a todos los refugios.

Interacción RA: Escena narrativa con animación que genera empatía mediante el humor.

Justificación: La narrativa divertida favoreció la comprensión y retención del concepto.

Escena 5: Refugio bajo la lluvia

Objetivo de aprendizaje: Aplicar estrategias para protegerse del clima adverso.

Interacción RA: El niño debió mover un paraguas por el escenario con el movimiento que haga con el dispositivo. Con esta mecánica, el niño movió el dispositivo móvil para cubrir a los personajes de la lluvia. Debió cubrir a los personajes en un total de 30 segundos. Cuando dejó de cubrir a los personajes, el tiempo se acumuló, hasta llegar a los 30 segundos. Cuando el niño no cubrió a los personajes, estos realizaron una animación de “sentir frío”, junto con la ejecución de un audio de ánimos para que el niño realice la mecánica. Una vez se completó los 30 segundos, los personajes celebraron el haber completado la construcción de la casa con una animación de “júbilo”.

Justificación: El uso de movimiento físico promovió la coordinación viso-motriz y mantuvo la atención activa.

Escena 6: Cocina con Osi

Objetivo de aprendizaje: Identificar alimentos y seguir instrucciones para preparar comidas.

Interacción RA: Los niños deben prepararon las recetas que indique el juego. Para esto, en la interfaz se pudieron ver los diferentes ingredientes disponibles, donde el niño debió

arrojar correctamente el ingrediente a la olla. La mecánica fue similar a Pokémon Go cuando se lanzas las pokebolas.

Cada receta tiene 2 o 3 ingredientes y la interfaz mostró 5 ingredientes, incluyendo los correctos.

En caso de errores, se dieron porras para animar al niño. En caso de correctos, se celebró la acción.

Tabla 1: Recetas Propuestas (con combinaciones equilibradas)

Nombre Receta	Ingredientes Correctos	Distractores posibles
Sopa del bosque	Zanahoria + Papa + Acelga	Tomate, Uva
Ensalada feliz	Tomate + Lechuga + Cebolla	Mango, Mora
Frutisorpresa	Manzana + Plátano+Frutilla	Cebolla, Mango, Mora
Puré energético	Banano + Mango	Tomate, Zanahoria

Justificación: La mecánica tipo "lanzamiento" motivó la participación y el aprendizaje secuencial.

Escena 7: Subiendo la montaña

Objetivo de aprendizaje: Reconocer cambios climáticos y sus efectos en el hábitat.

Interacción RA: Cambio de clima al presionar botones, con efectos visuales y sonoros.

Justificación: La exploración directa del clima facilitó la comprensión de la adaptación ambiental.

Escena 8: Encuentro con la familia

Objetivo de aprendizaje: Valorar la importancia del hogar y la familia.

Interacción RA: Animación emotiva donde la familia recibe a Solsi con las alas extendidas.

Justificación: El cierre emocional reforzó la narrativa y consolidó el aprendizaje.

2.2.4 Beneficios de la solución

La implementación de la solución propuesta generó una serie de beneficios clave, incluyendo:

- Fomento del aprendizaje lúdico mediante el uso de tecnologías emergentes como la Realidad Aumentada.
- Estímulo de habilidades cognitivas, motoras y de atención en niños pequeños.
- Propuesta interdisciplinaria que integra narración, interacción digital y principios pedagógicos.
- Potencial de replicabilidad y escalabilidad para desarrollar nuevas historias o módulos educativos.
- Fortalecimiento del vínculo entre educadores y estudiantes a través de actividades interactivas.

2.2.5 Riesgos de la solución

Durante la fase de análisis y desarrollo, se identificaron los siguientes riesgos potenciales asociados a la implementación y uso de la solución:

- Dependencia tecnológica: Los dispositivos deben ser compatibles con realidad aumentada, lo cual puede limitar su adopción en proyectos educativos con recursos tecnológicos limitados.
- Posible dificultad en la calibración de la realidad aumentada si las condiciones de iluminación no son adecuadas.
- Riesgo de distracción si las interacciones no se ajustan adecuadamente al nivel de comprensión de los niños.
- Riesgo de desmotivación si las mecánicas son percibidas como repetitivas o demasiado complejas.

2.2.6 Limitaciones de la solución

A pesar de los beneficios y el cumplimiento de los requerimientos, la solución presenta ciertas limitaciones:

- La aplicación no permite la personalización de contenido ni la adaptación automática a distintos niveles de dificultad.
- El desarrollo estuvo centrado en un contexto de tablets con ARCore, por lo que no se garantizó compatibilidad con todos los dispositivos móviles disponibles en el mercado.
- El tiempo total de interacción está limitado a un máximo de 20 minutos, por lo que el contenido no se adapta a sesiones educativas prolongadas.
- No se incluye registro de progreso ni generación de reportes para los docentes.

2.2.7 Formulación y Selección de Alternativas

Se evaluaron diferentes motores de desarrollo que soportaran la integración de realidad aumentada. Unity y Unreal Engine fueron analizados como posibles alternativas. Se seleccionó Unity debido a su amplia compatibilidad con ARCore, su facilidad de integración con bibliotecas como AR Foundation y su versatilidad para el desarrollo multiplataforma. Esta elección permitió optimizar los recursos disponibles y garantizar el correcto funcionamiento en tabletas compatibles con realidad aumentada.

2.3 Diseño

2.3.1 Diagrama de componentes

Para la solución, se planteó una arquitectura modular para conectar eficientemente todos los módulos necesarios para la ejecución del cuento con realidad aumentada. En la figura 4 se presenta el diagrama de componentes, donde se visualiza la estructura y las conexiones entre los diferentes módulos de la aplicación.

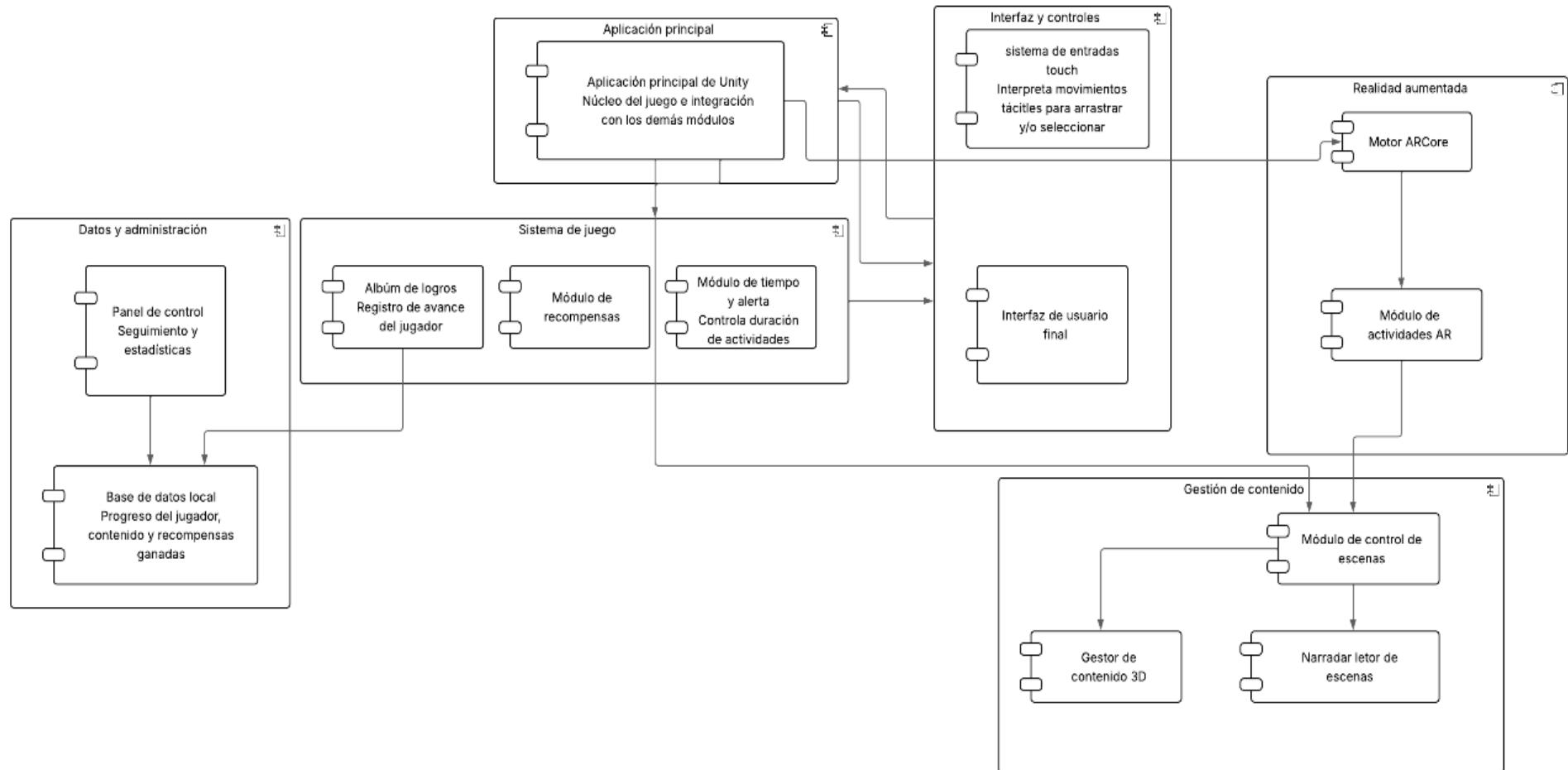


Figura 4. Diagrama de componentes de SolsiAR, incluye la aplicación, la interfaz de controles, el motor ARCore (realidad aumentada), mecánicas de juego y los módulos que generan contenido.

La aplicación fue desarrollada en Unity, donde se gestionó el flujo del juego y donde se coordinó la interacción entre todos los módulos. Este componente se conectó con el sistema de juego y el módulo de tiempo y alerta, que controló la duración de las actividades. Permitiendo así generar dinámicas eficientes y controlar el progreso de los usuarios.

El sistema de juego estuvo directamente vinculado al módulo de datos y administración, donde se gestionaron las estadísticas, el seguimiento de los jugadores y el almacenamiento local del progreso mediante una base de datos interna.

La arquitectura también contempló un módulo de interfaz y controles, que interpretó las entradas táctiles permitiendo así la interacción mediante gestos como arrastrar y seleccionar objetos.

El subsistema de realidad aumentada se gestionó a través del motor ARCore y el módulo de actividades AR, los cuales procesaron las imágenes físicas y desplegaron las animaciones y objetos interactivos en el entorno real.

Finalmente, la gestión de contenido organizó la secuencia de las escenas y administró los recursos gráficos y de sonidos mediante el gestor de contenido 3D y el narrador, asegurando la continuidad narrativa y la correcta sincronización entre la historia y las actividades interactivas.

Esta estructura modular permitió el desarrollo de un sistema escalable, donde cada componente cumplió funciones específicas, integrando eficientemente una experiencia de usuario fluida, educativa y atractiva para el público objetivo.

2.3.2 Diagramas de casos de uso

Se detalla los diagramas de caso de uso del cuento interactivo con realidad aumentada, con su estructura general y las interacciones entre cada una de sus escenas.

Este diseño fue nuestra pauta para inicialmente traducir los requisitos identificados con sesiones con el cliente y lograr graficar una solución tangible y usable para el público objetivo.

El sistema fue diseñado para ofrecer una experiencia interactiva y educativa usando como formato de cuento la Realidad Aumentada. La figura 5 muestra la interacción general de los actores con la aplicación.

Actores Principales:

- Jugador Preescolar: Representa al niño de 4 a 5 años, quien es el usuario principal y con quien interactúa directamente con el cuento.
- Docente: Supervisa la experiencia del juego, inicia la aplicación y puede revisar el progreso de los jugadores.

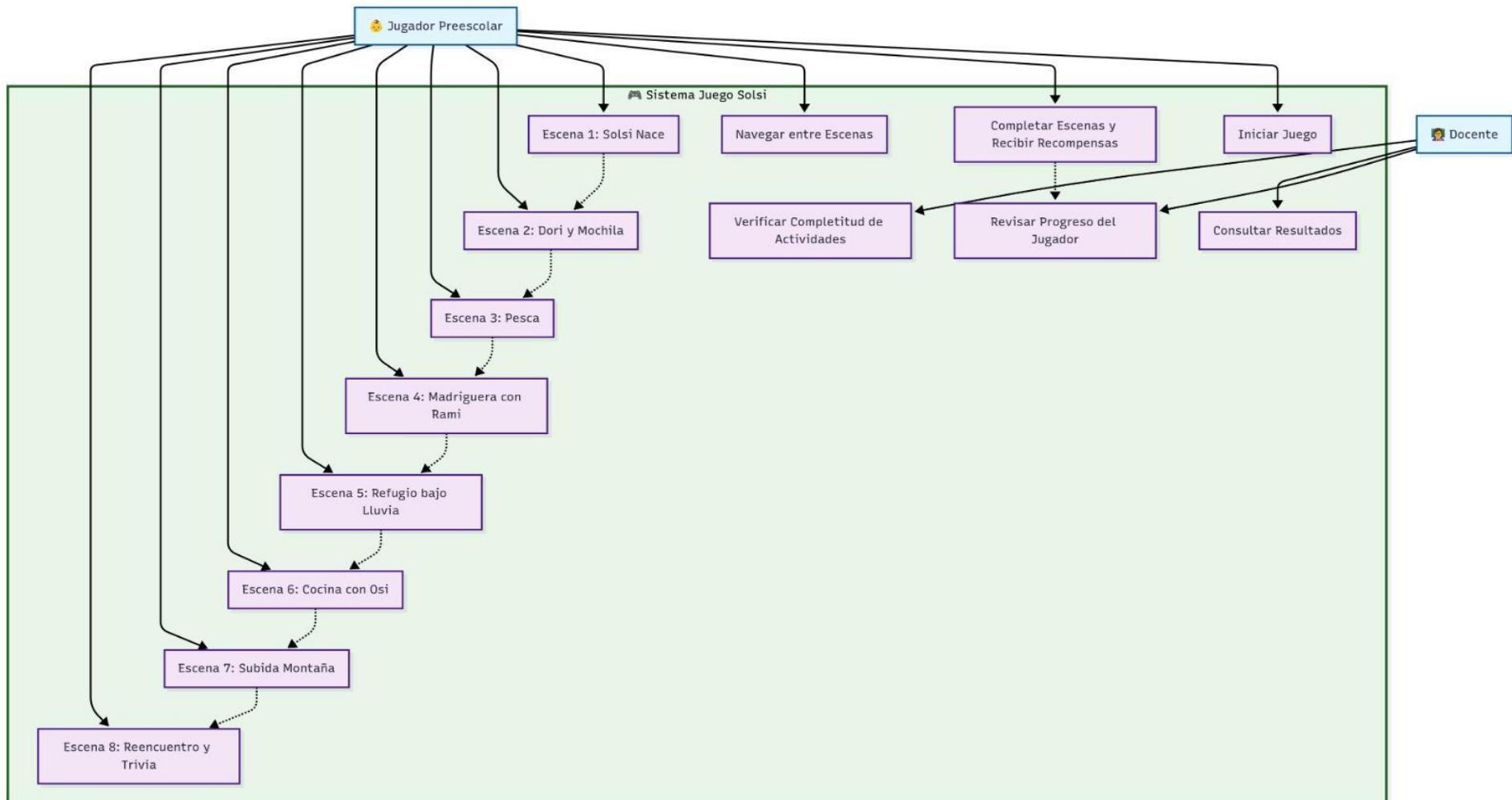


Figura 5. Diagrama de casos de uso del flujo general

2.3.2.1 Escena 1

En la Figura 6 muestra el diagrama de casos de uso de la Escena 1 “Solsi Nace”.

Este diagrama describe el flujo de interacción inicial, donde el jugador preescolar escanea el marcador de RA, observa la animación de nacimiento de Solsi y decide si acompañarlo o no, recibiendo retroalimentación visual y auditiva según su elección.

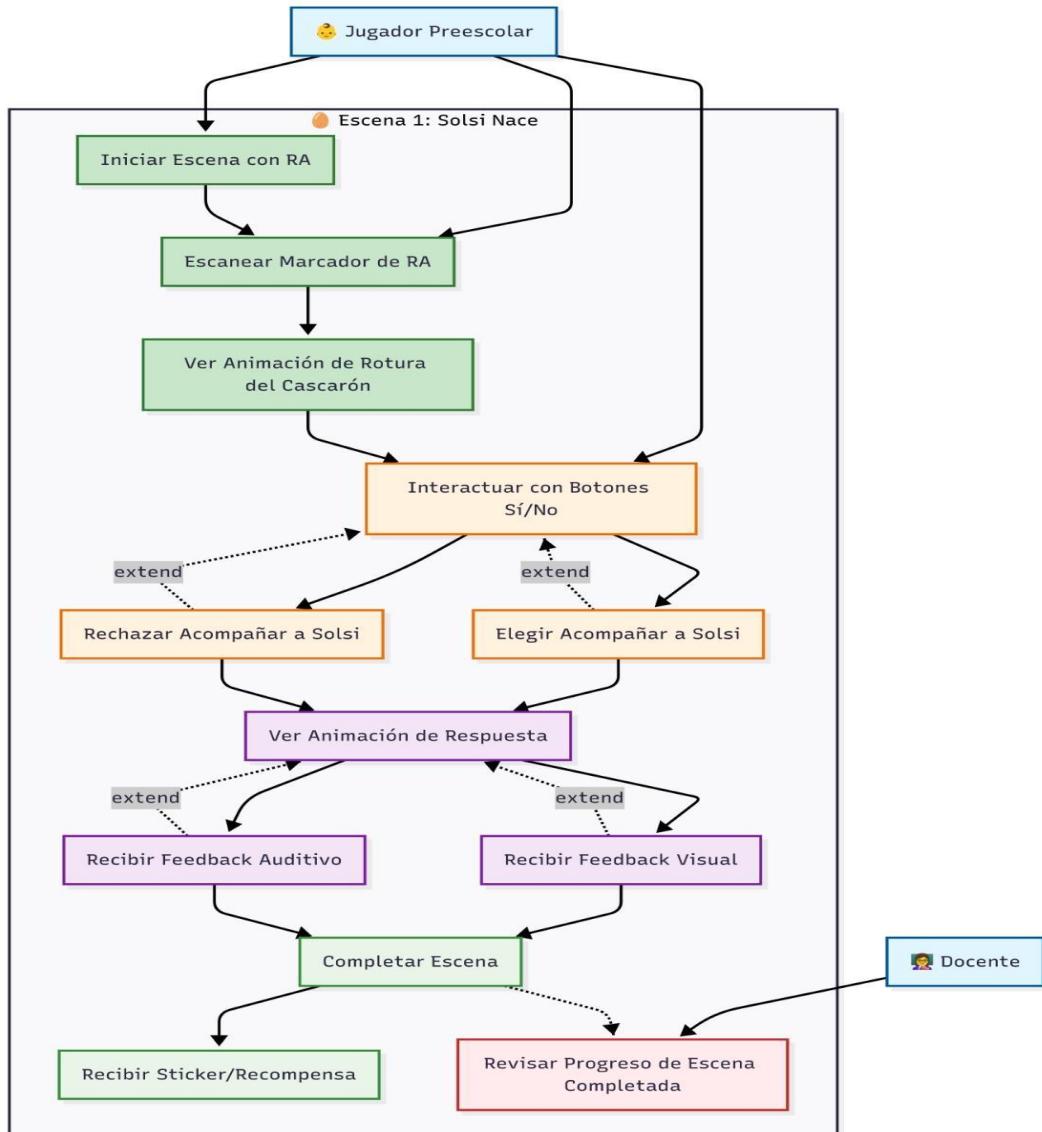


Figura 6. diagrama casos de uso escena 1

2.3.2.2 Escena 2

La Figura 7 presenta el diagrama de casos de uso de la Escena 2, que representa la interacción en la que el niño debe ayudar a Solsi a buscar objetos en el entorno. En esta escena se ilustra cómo el jugador puede explorar la RA para localizar objetos que necesita para nadar en el mar y recibir retroalimentación sobre su selección.

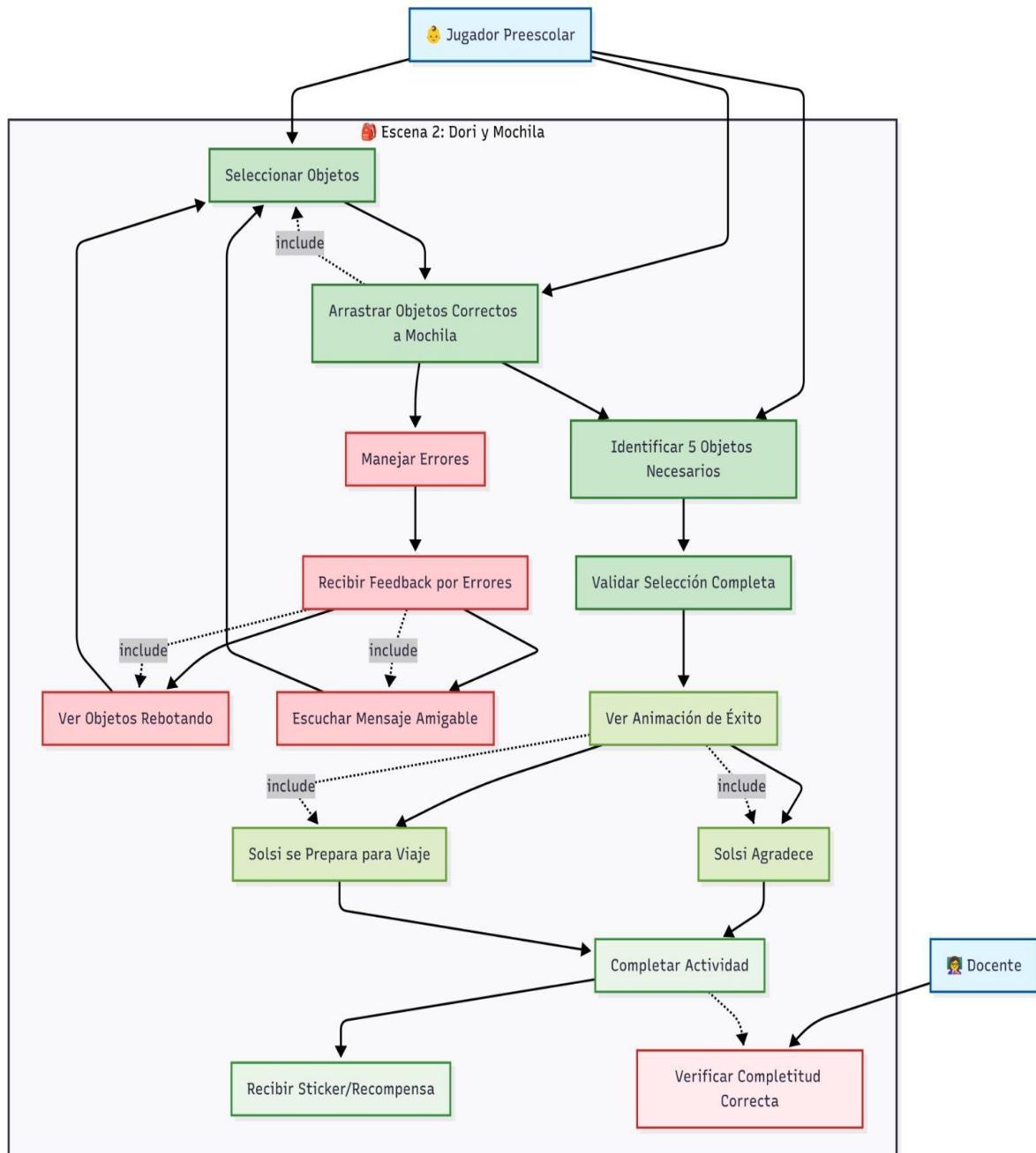


Figura 7. Diagrama casos de uso escena 2

2.3.2.3 Escena 3

En la Figura 8 se detalla el diagrama de casos de uso de la Escena 3. Este diagrama describe el proceso mediante el cual el usuario acompaña a Solsi de manera visual para verlo comer peces y animación de eructo.

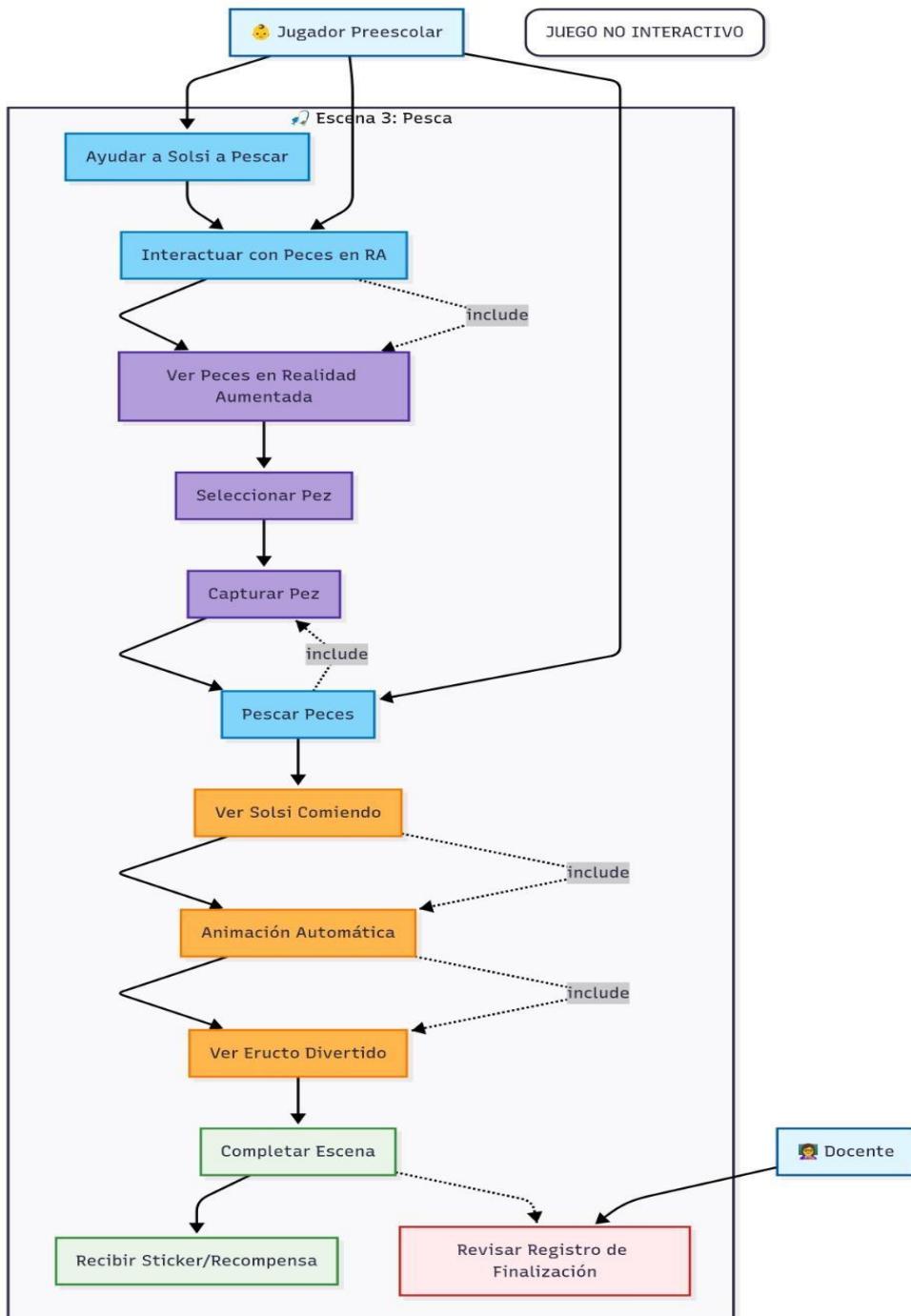


Figura 8. Diagrama casos de uso escena 3

2.3.2.4 Escena 4

En la Figura 9 se presenta el diagrama de casos de uso de la Escena 4. Este diagrama muestra una serie de animaciones donde Solsi se atasca para luego ser liberado por Ñami.

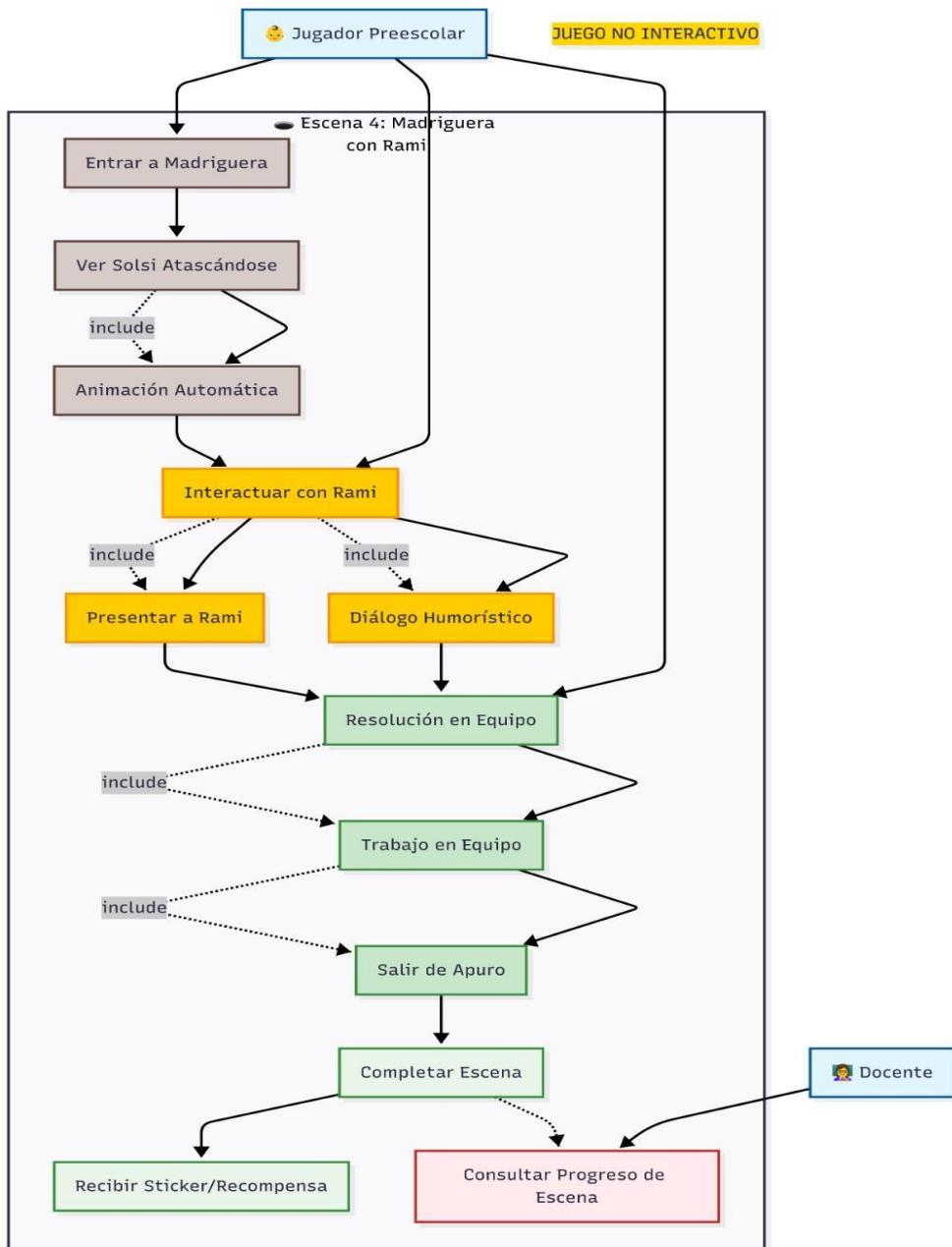


Figura 9. Diagrama casos de uso escena 4

2.3.2.5 Escena 5

La Figura 10 muestra el diagrama de casos de uso correspondiente a la Escena 5.

Aquí se representan las interacciones en las que el niño debe reconocer señales climáticas y ayudar a Solsi a protegerse de la lluvia mediante acciones táctiles en la interfaz.

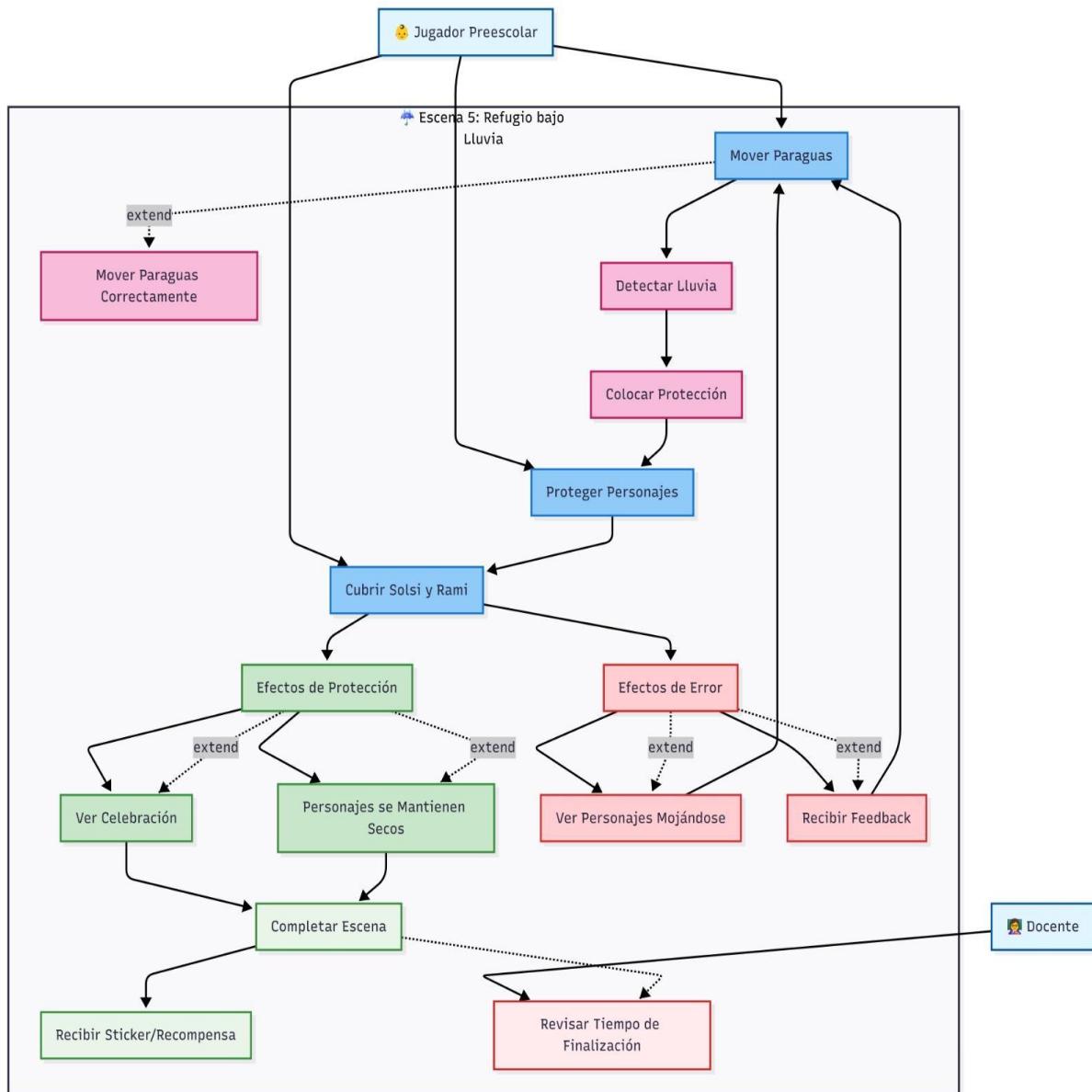


Figura 10. Diagrama casos de uso escena 5

2.3.2.6 Escena 6

La Figura 11 ilustra el diagrama de casos de uso de la Escena 6. Este flujo se centra en la preparación de alimento con Solsi, donde el jugador selecciona ingredientes y realiza una acción de lanzar donde finalmente observa la respuesta visual y auditiva según su desempeño.

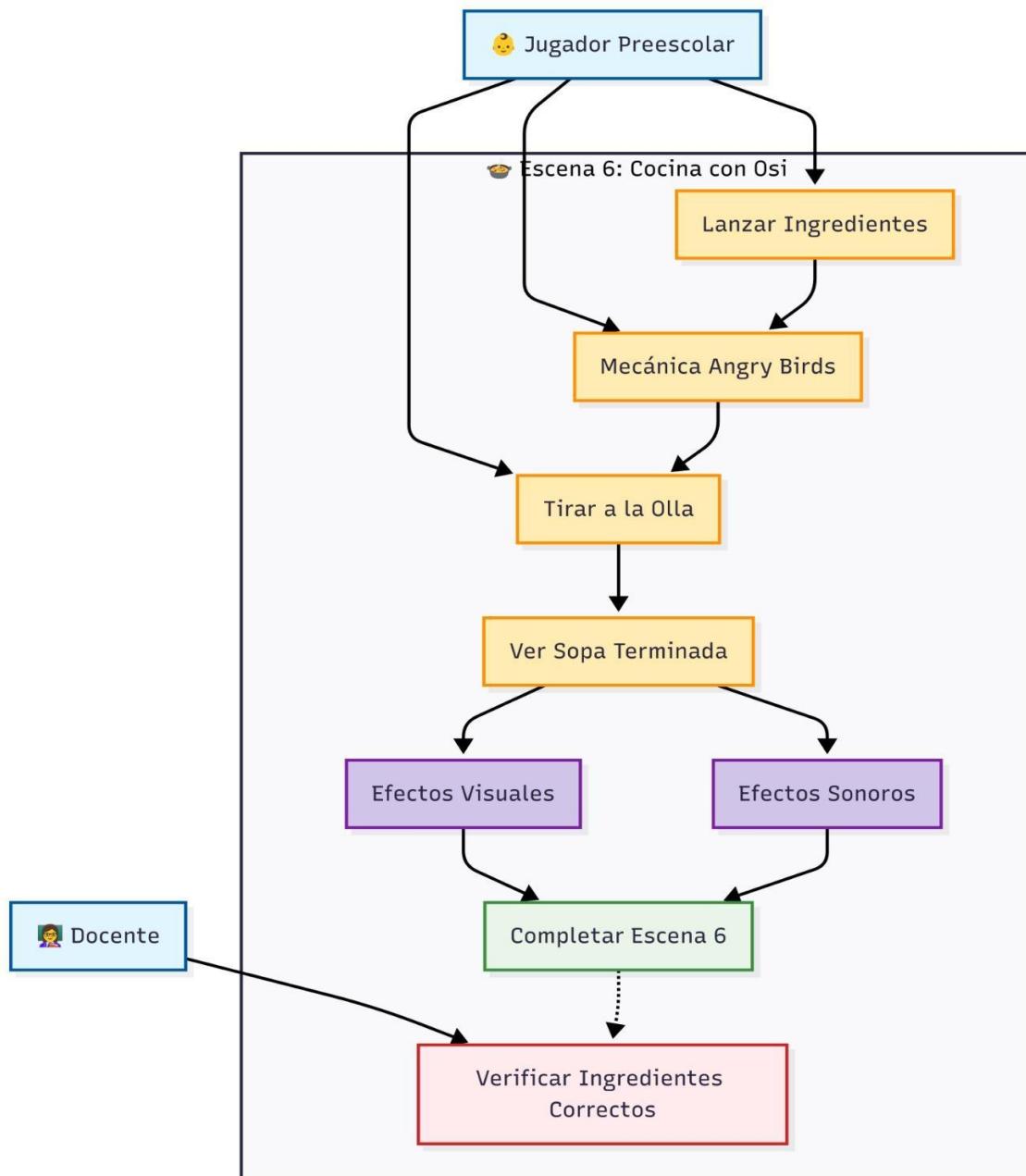


Figura 11. Diagrama casos de uso escena 6

2.3.2.7 Escena 7

La Figura 12 expone el diagrama de casos de uso de la Escena 7. Esta interacción permite al niño observar cómo Solsi se adapta a los cambios climáticos mientras asciende por la montaña.

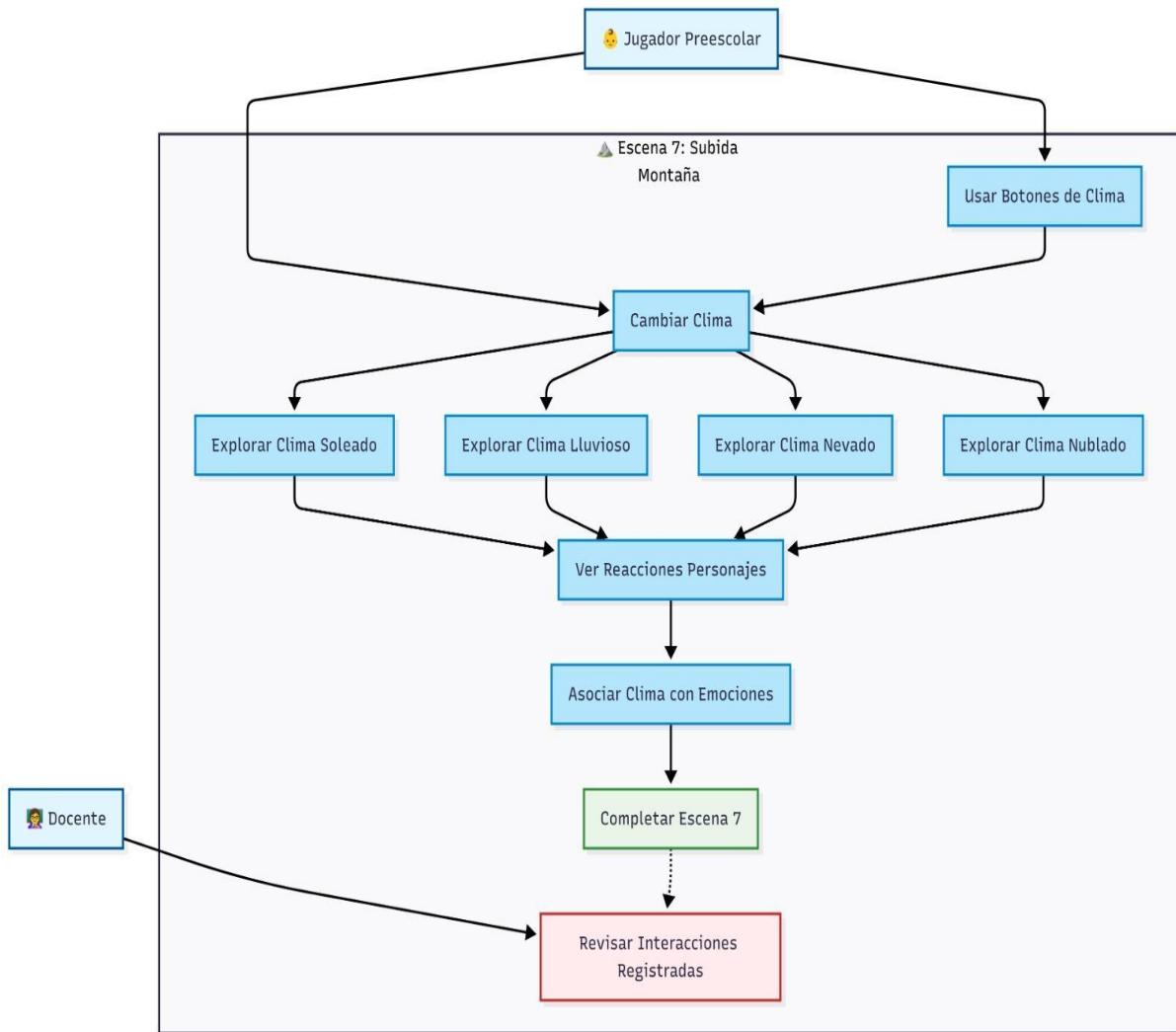


Figura 12. Diagrama casos de uso escena 7

2.3.2.8 Escena 8

La Figura 13 contiene el diagrama de casos de uso de la Escena 8, que corresponde al cierre de la historia. Aquí el niño realiza actividad drag and drop para las trivias y finalmente acompaña a Solsi en su despedida.

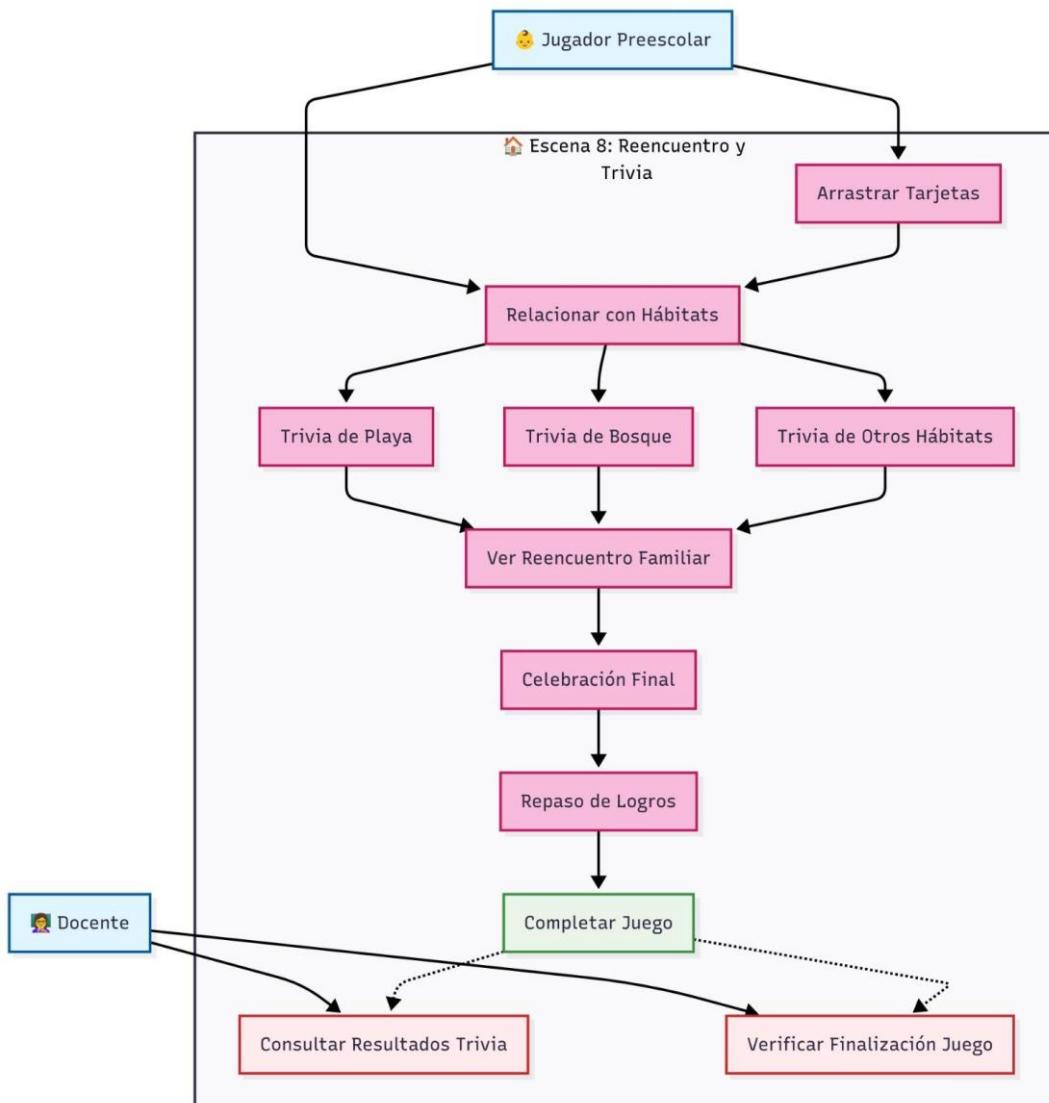


Figura 13. Diagrama casos de uso escena 8

2.3.3 Diagrama de secuencia

Se elaboró el diagrama de secuencia principal que se presenta en la figura 13. Este diagrama detalla la secuencia de eventos que ocurren desde el inicio de la aplicación hasta la interacción con una escena específica de Realidad Aumentada.

Descripción del Flujo de Interacción:

1. Inicio de la Aplicación: El flujo se inicia cuando el Usuario ejecuta la "Aplicación SolsiAR".
2. Carga de Menú Principal: La Aplicación SolsiAR responde mostrando el "Menú Principal" al Usuario.
3. Selección de Escena: El Usuario selecciona una "Escena" desde el menú.
4. Activación de Escena: La Aplicación SolsiAR envía una señal al GestorEscenaRA para "Activar Escena".
5. Inicialización de RA: El GestorEscenaRA solicita al MotorRA que "Inicialice RA" para la escena actual.
6. Reconocimiento de Marcador: El MotorRA procede a "Reconocer Marcador" cuando el Usuario apunta la cámara del dispositivo a la ilustración física. Una vez que el marcador es reconocido, el MotorRA notifica al GestorEscenaRA sobre el "Marcador Reconocido".
7. Activación de Contenido RA: Al recibir la notificación, el GestorEscenaRA "Activa Contenido RA" correspondiente a la escena. Este contenido se muestra al Usuario.
8. Interacción del Usuario: El Usuario procede a "Interactuar con Escena RA" a través de entradas táctiles o de movimiento.
9. Procesamiento de Interacción: El ControladorInteracciones recibe y procesa la "Interacción" del Usuario.

10. Actualización de la Escena: El ControladorInteracciones notifica al GestorEscenaRA sobre la "Interacción Procesada", lo que lleva al GestorEscenaRA a "Actualizar Escena RA" visualmente para el Usuario.
11. Finalización de Escena: Cuando las condiciones de la escena se cumplen, el Usuario "Finaliza Escena".
12. Guardar Progreso: La Aplicación SolsiAR se encarga de "Guardar Progreso" en la BaseDatos, registrando la completitud y los stickers obtenidos.
13. Mostrar Menú Principal (o siguiente escena): Finalmente, la Aplicación SolsiAR regresa al "Menú Principal" (o avanza a la siguiente escena si el flujo es secuencial).

La figura 14 y la Figura 15 indican como se realiza las operaciones entre los componentes del sistema, permitiendo una experiencia interactiva fluida y coherente para el usuario.

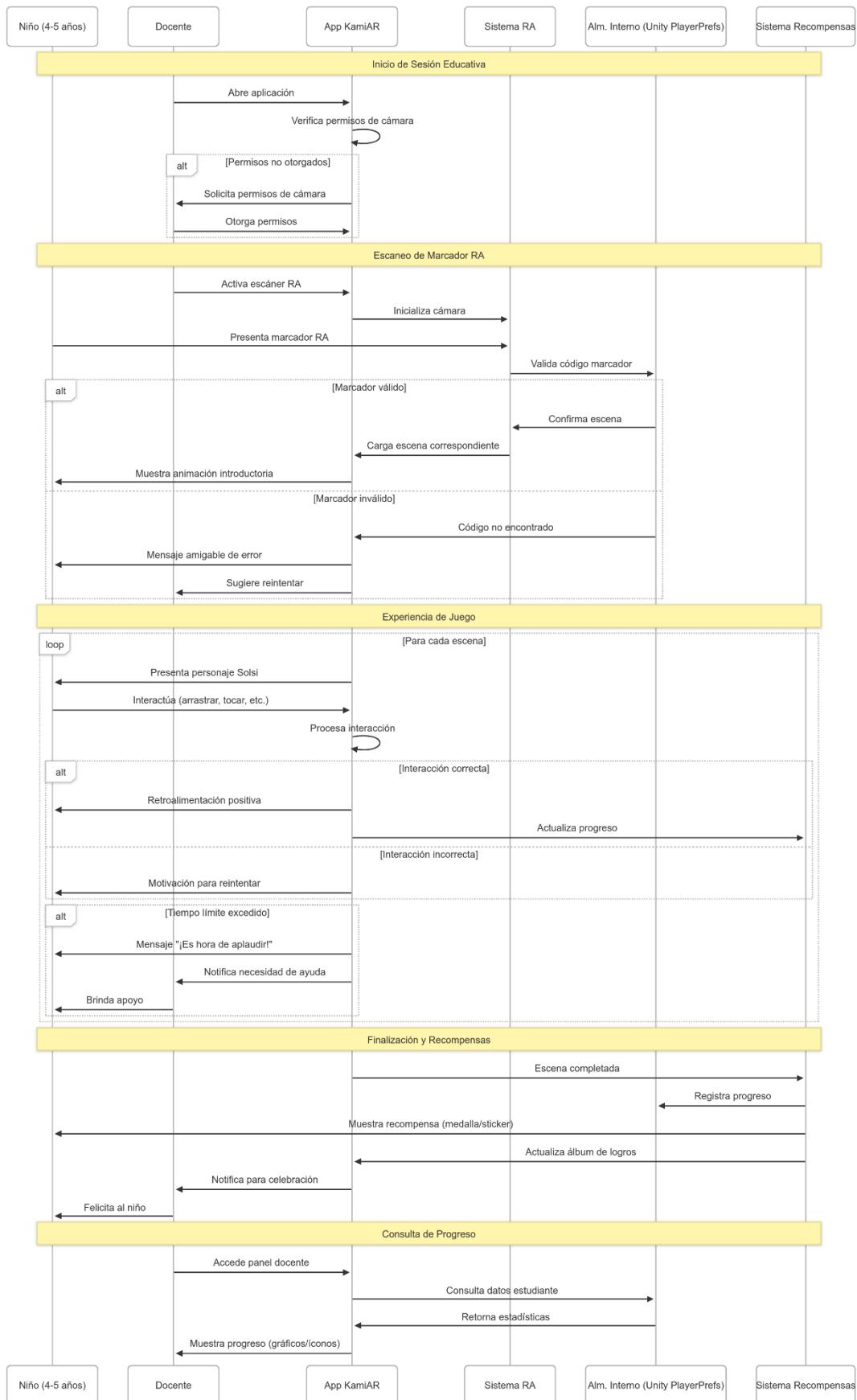


Figura 14. Diagrama de secuencia general

2.3.3.1 Diagrama de secuencia de Interacción Pedagógica - Docente y Estudiante

En la Figura 15 se muestra el diagrama de secuencia que representa como interactúan pedagógicamente el docente y el estudiante durante el uso de la aplicación SolsiAR. Este modelo permite describir como inicia el proceso de preparar el entorno físico (kamishibai) y tecnológico (SolsiAR), donde finalmente el docente procederá a realizar la actividad didáctica. El estudiante, luego, interactúa con los marcadores de Realidad Aumentada, recibe retroalimentación visual y auditiva de las actividades que realiza, y completa tareas

que permiten la comprensión del contenido. Finalmente, el docente aplica estrategias para que el aprendizaje sea exitoso a través del diálogo y la retroalimentación guiada.

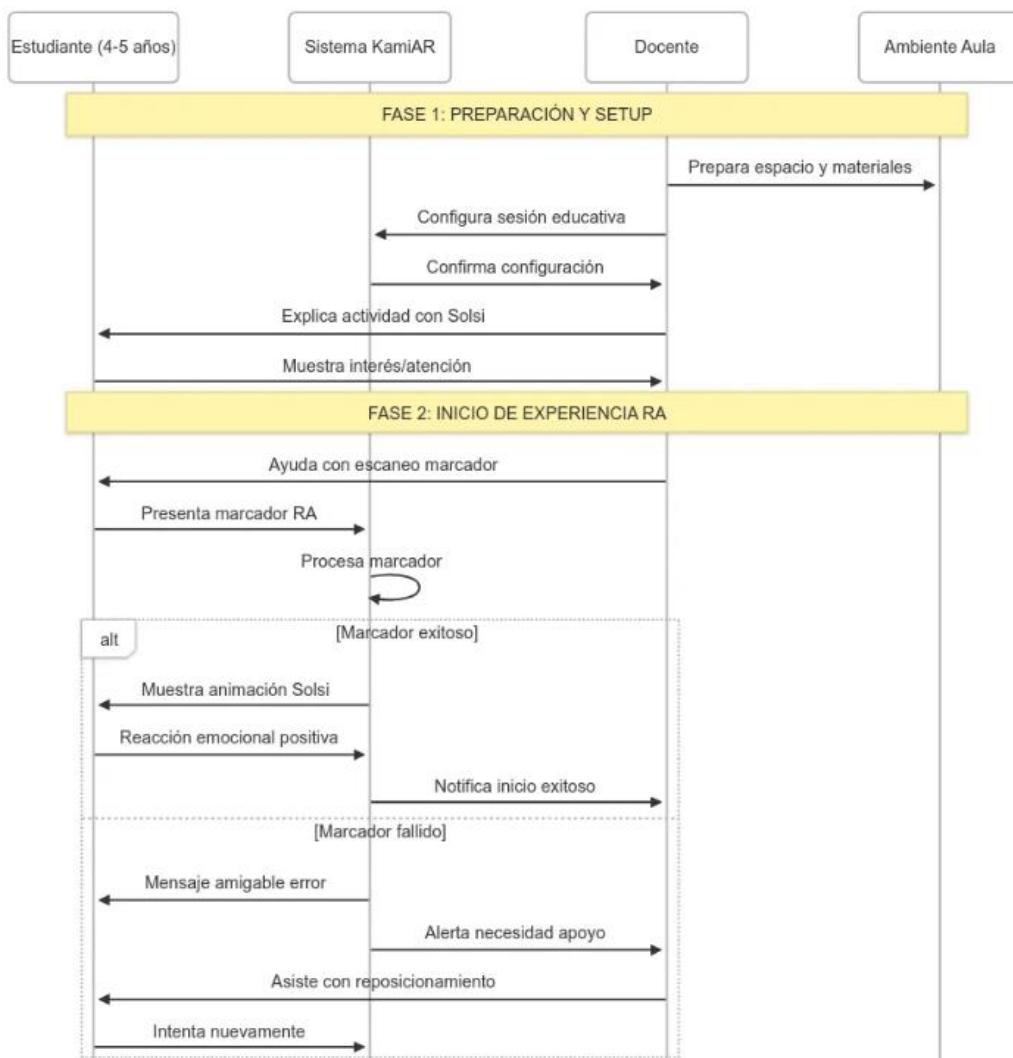


Figura 15. Diagrama de secuencia de interacción pedagógica - docente y estudiante2

2.4 Prototipo

Para la validación del diseño del cuento interactivo, se empleó una estrategia que permitió visualizar las interacciones y el flujo de usuario antes de la implementación final. Mediante esto, se facilitó la retroalimentación y la identificación de mejoras desde las primeras etapas del desarrollo. Se elaboraron prototipos en diferentes niveles de fidelidad (baja y media).

2.4.1 Prototipo de baja fidelidad (Wireframe en papel)

La Figura 16, Figura 17 y Figura 18 muestran el primer nivel de prototipado realizado para el cuento interactivo. Este prototipo fue hecho mediante bocetos, los cuales nos sirvió para tener la estructura básica de las escenas, como colocar los elementos en la interfaz y el flujo de navegación entre ellas.

- Propósito: El objetivo principal de este prototipo fue visualizar rápidamente las ideas iniciales, explorar diferentes diseños de pantalla y comunicar conceptos básicos del cuento y sus interacciones de manera ágil. Permitió validar la secuencia narrativa y la ubicación general de los elementos clave, como botones, ilustraciones para RA y áreas de interacción.

La figura 16 representa la escena cuando Solsi finalmente sale del cascarón, ambientada por él en la orilla y el mar por otro lado.

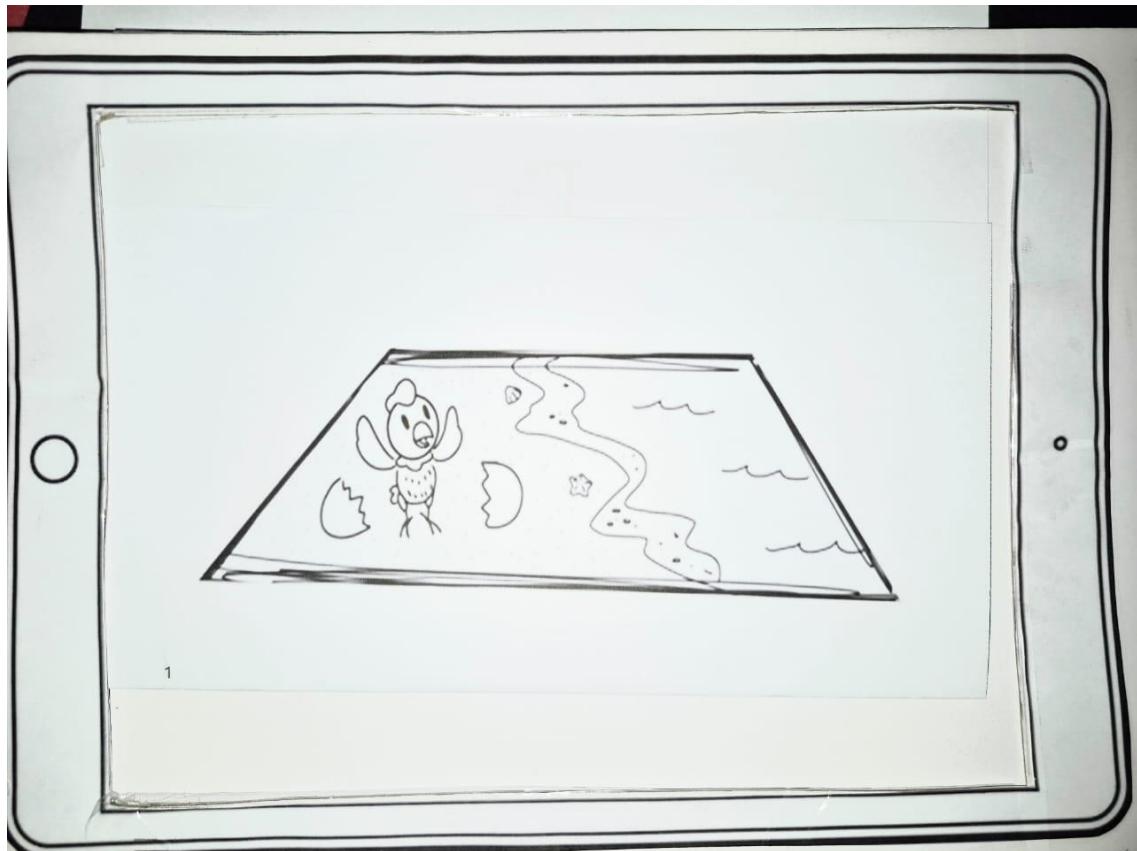


Figura 16. Prototipo de baja fidelidad escena 1

La Figura 17 muestra la escena cuando se está preparando un alimento, y principalmente el tipo de interacción que tendrá el usuario, es decir el efecto de lanzar, una analogía es Pokemon Go al lanzar las pokebolas, el objetivo en nuestro caso es lanzar los ingredientes correctos a la olla.

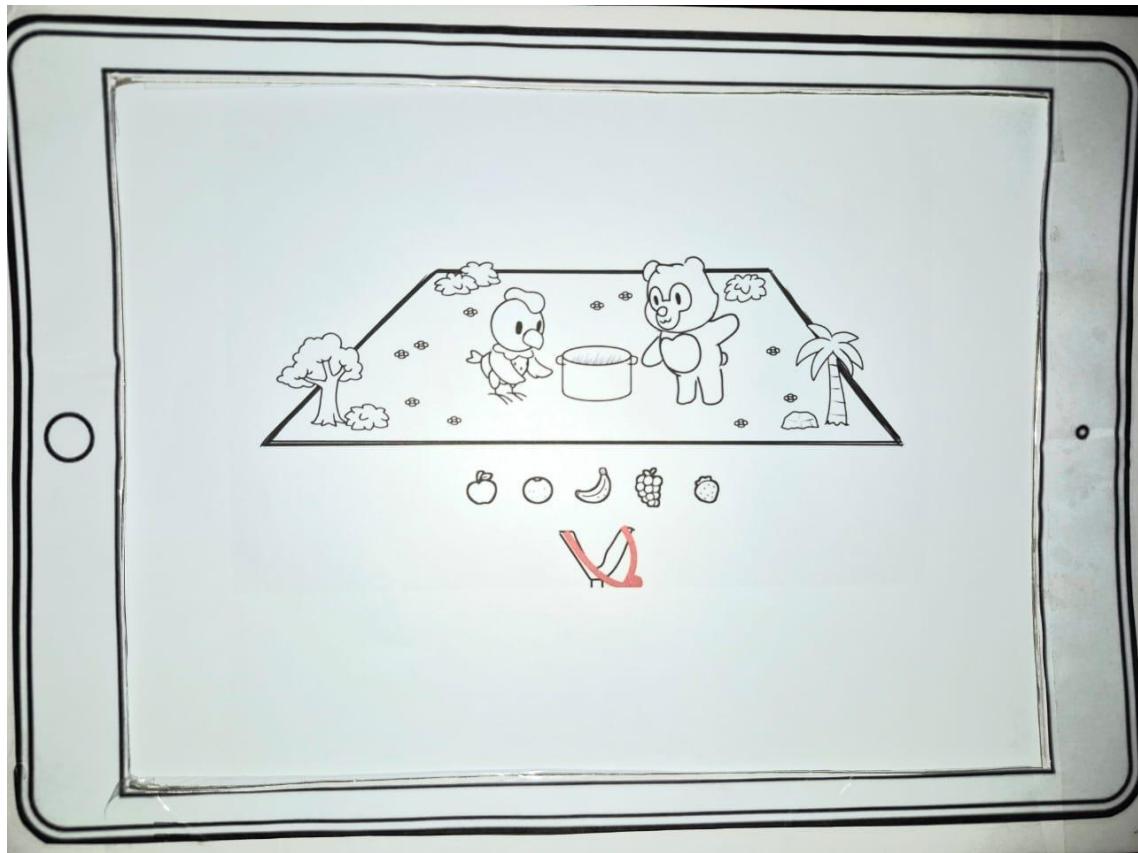


Figura 17. Prototipo de baja fidelidad escena 6

La Figura 18 es la representación del viaje de Solsi hacia la cima de una montaña, donde viaja acompañado de su amigo, incluyendo la interacción de cambio de clima.

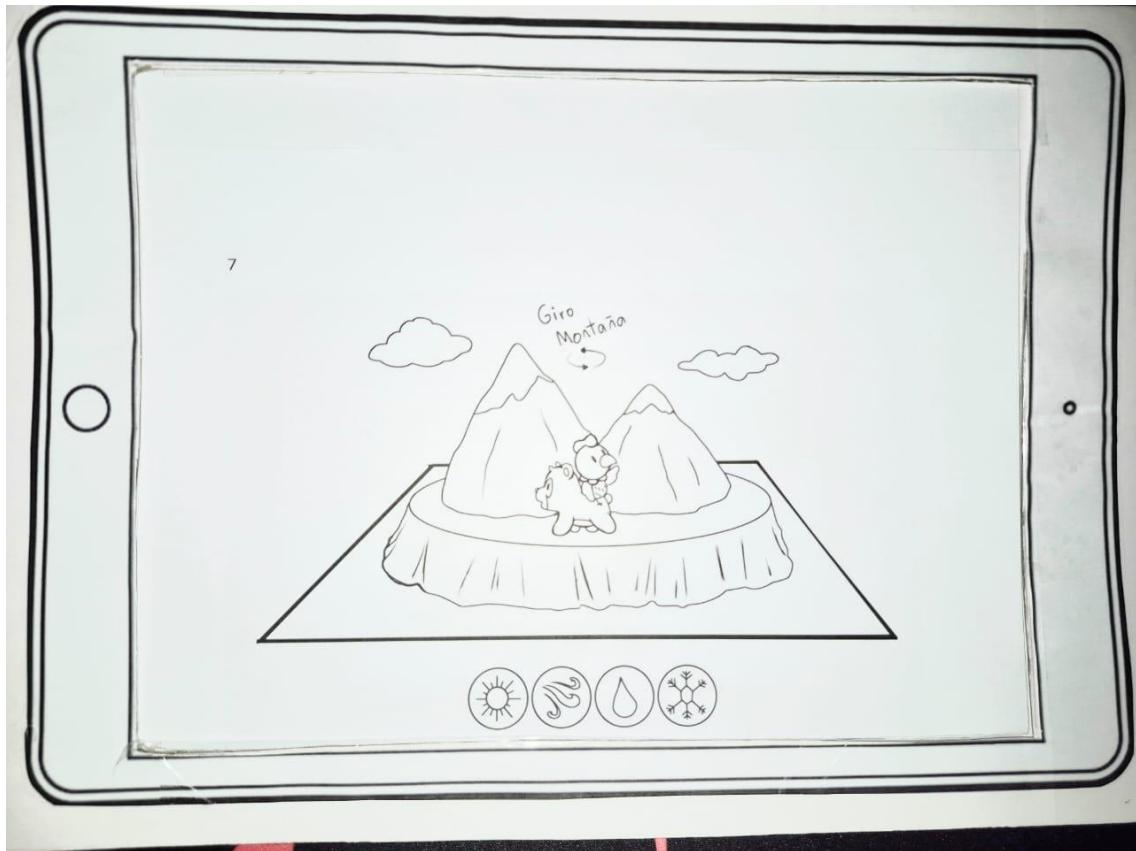


Figura 18. Prototipo de baja fidelidad escena 7

2.4.2 Prototipo de media fidelidad (Diseño en Figma)

Las ideas se trasladaron a un entorno digital para desarrollar un prototipo de media fidelidad utilizando Figma, como se muestra en la Figura 19 y Figura 20. Este prototipo representó una versión más interactiva y atractiva para el usuario, con un diseño más cercano al producto final.

- Propósito: El objetivo fue mejorar la experiencia de usuario (UX) y la interfaz de usuario (UI), esto para permitir reorganizar el contenido de forma que el usuario se sienta cómodo en utilizar la aplicación. Se hizo cambios en la disposición de elementos, la paleta de colores, tipografía y en el flujo de escenas.
- Características:

- Representación Visual Mejorada: Presentó un diseño más cercano al producto final deseado por el cliente en comparación con el prototipo de papel.
- Interactividad Simulada: Permitió realizar clics en botones, observar las transiciones entre escenas, ofreciendo una familiarización a lo que sería el producto final.

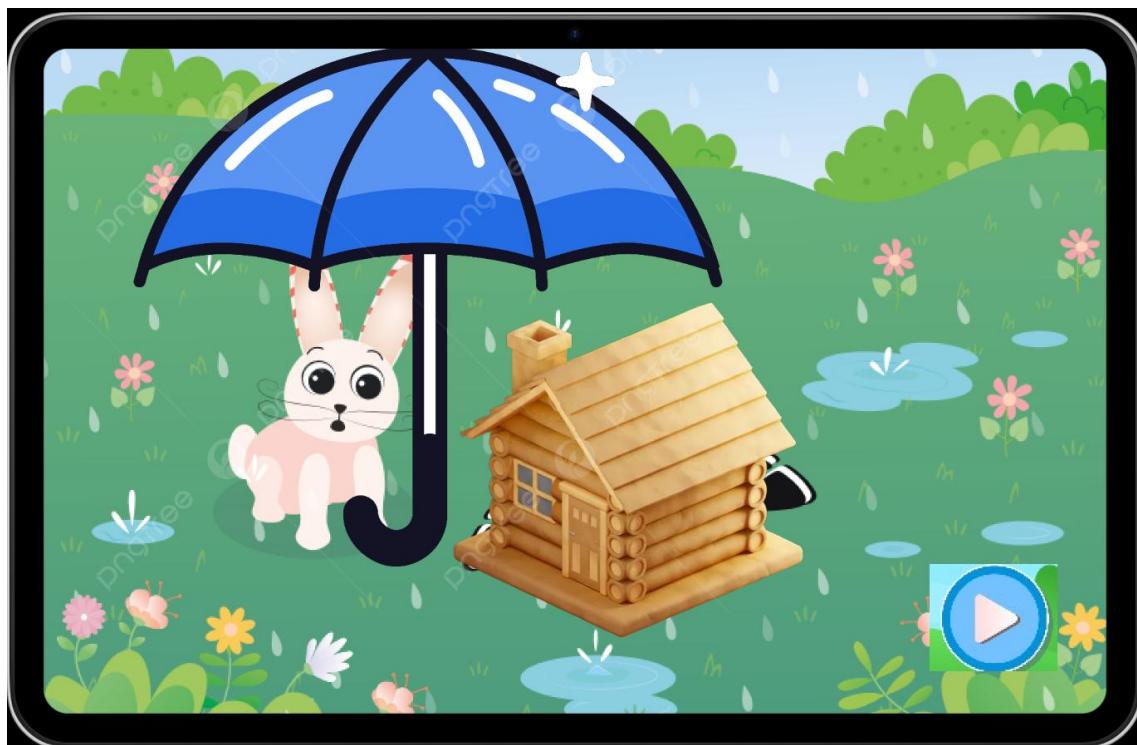


Figura 19. Prototipo de media fidelidad escena 5

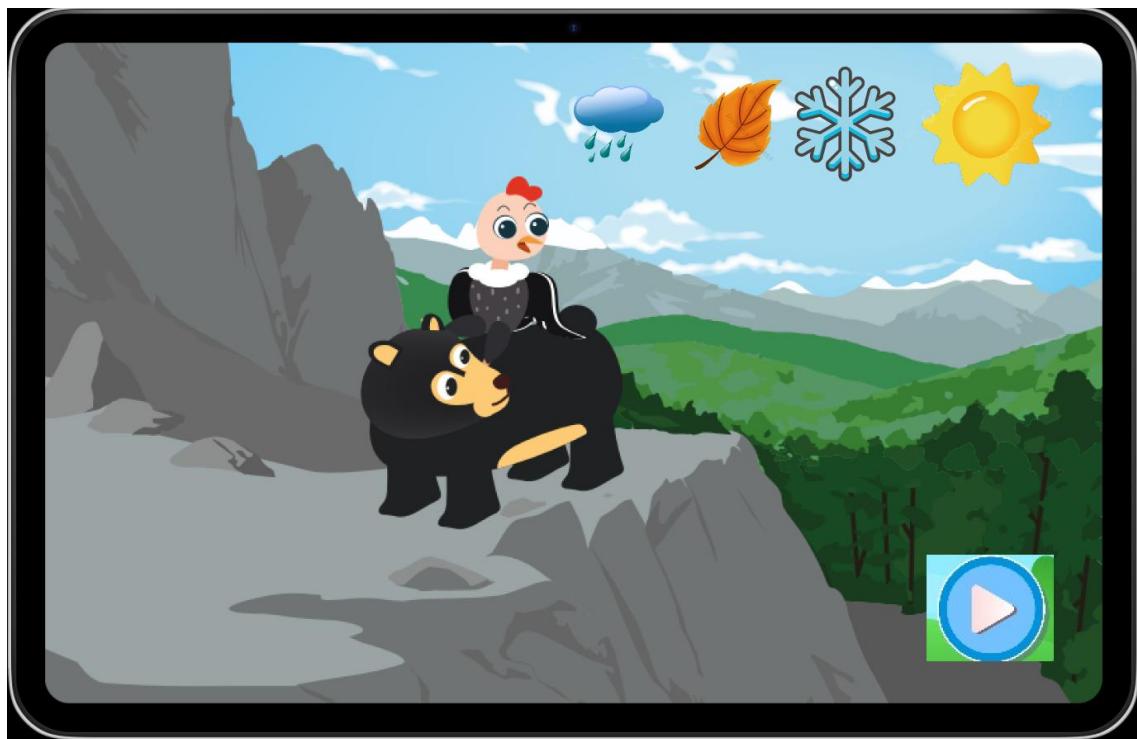


Figura 20. Prototipo de media fidelidad escena 7

2.5 Plan de Evaluación

2.5.1 Evaluación de Usabilidad con Usuarios

Participantes

- **Grupo Principal:** 10 niños de 4-5 años
- **Grupo de Control:** 2 maestros de educación inicial
- **Criterios de Inclusión:** Niños sin experiencia previa con RA, desarrollo típico
- **Criterios de Exclusión:** Dificultades visuales o motoras que impidan el uso del dispositivo

2.5.1.1 Métodos de Evaluación de Usabilidad (Niños)

2.5.1.1.1 Observación Estructurada.

Se observó a los niños mientras jugaban en la aplicación durante sesiones de aproximadamente 10 minutos. Dentro de estas sesiones se registra:

- Tiempo para completar cada escena.
- Número de intentos para completar cada actividad.
- Solicitudes de ayuda.

2.5.1.1.2 Protocolo Think Aloud Adaptado.

Se motivó a los niños para que expresen lo que piensan o sentían mientras jugaban en la aplicación. Se registraron comentarios espontáneos y momentos de confusión o alegría.

2.5.1.1.3 Cuestionario de Pictórico de aprendizajes.

Se aplicó al finalizar la sesión para identificar el nivel de comprensión de los conceptos de adaptación trabajados. El cuestionario incluyó cuatro preguntas con imágenes y opciones múltiples diseñadas para facilitar la comprensión.

2.5.1.2 Métricas de Usabilidad (Niños)

- **Efectividad:** Porcentaje de tareas completadas exitosamente por escena.
- **Eficiencia:** Tiempo promedio para completar cada escena.
- **Errores:** Número de intentos requeridos y frecuencia de solicitudes de ayuda.
- **Comprensión de conceptos:** Puntajes obtenidos en el cuestionario pictórico de aprendizajes.

2.5.2 Evaluación con Docentes

2.5.2.1 Evaluación con Maestros

2.5.2.1.1 Entrevistas Semiestructuradas

Duración aproximada: 20 minutos.

Se organizaron en cuatro secciones:

- Experiencia general con la herramienta.
- Integración pedagógica con la planificación curricular.
- Usabilidad y funcionalidad observadas en los niños.
- Proyección y escalabilidad en otras áreas del currículo.

2.5.2.1.2 Cuestionario de Aceptación Tecnológica (TAM)

Instrumento estructurado que mide:

- Utilidad percibida: ¿Mejoró la enseñanza? ¿Captó la atención de los niños?
- Facilidad de uso: ¿Fue sencilla de manejar?
- Intención de uso futuro: ¿La utilizarían nuevamente? ¿La recomendarían?

2.5.3 Instrumentos Detallados de Evaluación

2.5.3.1 Cuestionario Pictórico de Aprendizajes (Niños 4-5 años)

Formato: Entrevistas con apoyo visual. Duración aproximada: 5 minutos.

Preguntas finales:

1. ¿Qué necesitas para nadar como Dori?

Opciones: Aletas, visores, guantes, zapatos deportivos.

Respuesta correcta: Aletas y visores.

2. ¿Dónde vive el conejo (Ñami)?

Opciones: En el pasto, en el mar, en las montañas.

Respuesta correcta: En el pasto.

3. ¿Qué usa Solsi para volar?

Respuesta correcta: Alas grandes

4. ¿Dónde vive Solsi?

Opciones: Montañas altas, en el mar, en la tierra, en un árbol.

Respuesta correcta: Montañas altas.

La Figura 21 y la Figura 22 es la versión ilustrada de las preguntas que se diseñó para evaluar a los niños.

¿Qué necesitas para nadar como Dori?



Aletas



Gorra



Visores



Toalla



Traje de baño



Helado

¿Dónde vive el conejo (Ñami)?



En la playa



En el campo



En las montañas

Figura 21. Encuesta niños página 1

¿Qué usa Solsi para volar?

Encierra en la imagen lo que los cóndores usan para volar

**¿Dónde vive Solsi?**

En la playa



En el campo



En las montañas



En un árbol

Figura 22. Encuesta niños página 2

2.5.3.2 Ficha de Observación Estructurada - Usabilidad

Sección 1: Navegación Inicial (Primeros 5 minutos)

Escala: 1=Mucha dificultad, 2=Algo de dificultad, 3=Normal, 4=Fácil, 5=Muy fácil

Aspecto Evaluado	Puntuación Observaciones
Identifica dónde apuntar la cámara	1-2-3-4-5
Reconoce cuándo aparece la RA	1-2-3-4-5
Entiende que puede tocar la pantalla	1-2-3-4-5

Sección 2: Interacciones por Escena (Marcar cada escena completada)

Escena 1 - Tiempo: _____ minutos

- ✓ Completa exitosamente / X Necesita ayuda / X No completa
- Número de intentos: _____
- Sigue instrucciones: ✓ Sí / X No
- Comentarios: _____

Escena 2 - Tiempo: _____ minutos

- ✓ Completa exitosamente / X Necesita ayuda / X No completa
- Número de intentos: _____
- Sigue instrucciones: ✓ Sí / X No
- Comentarios: _____

[Repetir para las 8 escenas]

2.5.3.4 Entrevista Semi-estructurada para Maestros

Duración: 20 minutos

Sección A: Experiencia General con la herramienta

1. ¿Cómo describiría en general su experiencia usando SolsiAR en el aula?

2. ¿Cómo reaccionaron los niños cuando presentaron la aplicación por primera vez?
3. ¿Qué tan sencillo o complejo fue para usted aprender a utilizar SolsiAR?

Sección B: Integración Pedagógica

4. ¿Pudo integrar los contenidos de SolsiAR con los objetivos de su planificación curricular?
5. ¿Notó diferencias en la atención y participación de los niños respecto a métodos tradicionales?
6. ¿Considera que SolsiAR facilitó el aprendizaje sobre la adaptación de los seres vivos? ¿Por qué?

Sección C: Usabilidad y Funcionalidad

7. ¿Qué aspectos técnicos funcionaron bien? ¿Cuáles presentaron dificultades?
8. ¿Le pareció adecuada la duración de cada sesión (20 minutos)?
9. ¿Qué tan intuitiva le pareció la aplicación para los niños? ¿Requirieron mucha asistencia?

Sección D: Proyección y Escalabilidad

10. ¿Recomendaría SolsiAR a otros colegas docentes? ¿Por qué?
11. ¿Qué mejoras sugeriría para una futura versión?
12. ¿Qué otros temas o áreas curriculares creen que podrían beneficiarse con herramientas similares?

2.5.3.5 Cuestionario de Aceptación Tecnológica (TAM) - Maestros

Instrucciones:

Indique su grado de acuerdo con cada afirmación usando la siguiente escala: 1 =

Totalmente en desacuerdo 2 = En desacuerdo 3 = Neutral 4 = De acuerdo 5 =

Totalmente de acuerdo

Dimensión: Utilidad Percibida

1. Usar SolsiAR mejoró mi efectividad en la enseñanza sobre adaptación de seres

vivos. 1 - 2 - 3 - 4 - 5

2. Usar SolsiAR hizo que fuera más fácil enseñar conceptos de ciencias naturales.

1 - 2 - 3 - 4 - 5

3. Usar SolsiAR me permitió lograr los objetivos de aprendizaje más rápidamente.

1 - 2 - 3 - 4 - 5

Dimensión: Facilidad de Uso Percibida

4. Mi interacción con SolsiAR fue clara y comprensible. 1 - 2 - 3 - 4 - 5

5. Aprender a operar SolsiAR fue fácil para mí. 1 - 2 - 3 - 4 - 5

6. En general, encuentro que SolsiAR es fácil de usar. 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Dimensión: Intención de Uso

7. Tengo intención de usar herramientas de RA como SolsiAR en el futuro. 1 - 2 -

3 - 4 - 5

8. Recomendaría SolsiAR a otros maestros. 1 - 2 - 3 - 4 - 5

2.6 Consideraciones Éticas y Legales

El desarrollo del proyecto se realizó siguiendo principios éticos que garantizaron la protección de los usuarios. No se recolectan datos personales ni se implementó ningún algoritmo de almacenamiento de información. Según lo avanzado y descrito no existen conflictos de intereses en la ejecución del proyecto.

El contenido respetó los derechos de autor, utilizando recursos diseñados exclusivamente para el proyecto. Se garantizó además que todas las interacciones, mecánicas y contenidos fueran apropiados y adaptados para la edad de los niños participantes.

2.7 Rol del Investigador y/o Desarrollador

Los desarrolladores trabajaron en todas las fases del proyecto: desde la planificación y análisis de requerimientos, hasta el desarrollo y pruebas del prototipo. La intervención directa fue esencial para que las funcionalidades, la usabilidad y la experiencia de usuario cumplieran con los objetivos planteados. Los desarrolladores observaron el comportamiento de los usuarios (niños) para validar las interacciones y ajustar las dinámicas del juego en función de las necesidades.

Capítulo 3

3. Resultados y Análisis

El presente capítulo presenta los resultados y análisis del proceso de evaluación de la aplicación de realidad aumentada SolsiAR. Se realizó un presupuesto de desarrollo y una descripción general del plan de evaluación implementado, incluyendo los requisitos mínimos para su uso en esta primera fase del proyecto. Luego, se presenta un análisis de los resultados y, finalmente, se exponen las mejoras identificadas durante las evaluaciones.

3.1 Presupuesto de Desarrollo

3.1.1 Tiempo de desarrollo

En la tabla 1 se detalla las horas trabajadas en el desarrollo de las escenas de Realidad Aumentada (RA), narración e interacciones y las pruebas con usuarios.

Tabla 2: Tiempo de desarrollo por área

Tiempo de Desarrollo por Área			
Área de Desarrollo	Horas Aproximadas	Desafíos	Soluciones
Desarrollo de Escenas RA	120	Integrar animaciones 3D con detección de marcadores físicos	Uso de Unity con AR Foundation y optimización de assets para tablets con ARCore
Programación de Mecánicas Interactivas	80	Sincronizar interacciones táctiles y movimientos de dispositivo	Implementación modular de scripts y pruebas unitarias por escena
Integración de narración y audio	40	Mantener sincronía entre voz, música y acciones	Uso de un narrador central con temporizadores por escena
Pruebas internas y ajustes	30	Adaptar dificultad según retroalimentación temprana	Iteraciones cortas y ajuste de mecánicas en base a observaciones

3.1.2 Costos

El costo se calculó únicamente considerando horas / hombre, dado que no se realizaron gastos en licencias, hardware adicional ni publicación en Google Play.

- Cantidad de desarrolladores: 2.
- Horas diarias trabajadas por persona: 4.5 horas.
- Duración del desarrollo: 30 días.
- Tarifa por hora estimada: USD 10.

Como costo final por el tiempo de desarrollo se contempla la suma de USD 2.400.

3.2 Requisitos Mínimos

La aplicación SolsiAR está optimizada para su uso en dispositivos Android con soporte ARCore y pantalla mínima de 8 pulgadas. Requiere cámara trasera funcional y sensores de movimiento para la interacción.

3.2.1 Compatibilidad con Android

- Versión mínima: Android 8.0 (Oreo)
- Requisitos: Soporte de ARCore, acelerómetro y giroscopio habilitados.

3.2.2 Compatibilidad con iOS/iPad OS

Actualmente no se han realizado pruebas en dispositivos iOS debido a las restricciones de acceso a bibliotecas de RA utilizadas en el prototipo, y fue solicitado únicamente su desarrollo en dispositivos Android.

3.2.3 Uso de RA

La RA se activa al escanear ilustraciones impresas en formato A3 correspondientes a cada escena. El sistema reconoce el marcador y despliega animaciones

3D con las que el niño interactúa mediante toques, arrastres o movimientos del dispositivo.

3.3 Plan de Evaluación

El plan de evaluación tuvo como propósito comprobar la usabilidad y pertinencia pedagógica de la solución SolsiAR. Para ello, se realizaron pruebas individuales de usabilidad con 10 niños de 4 a 5 años y una validación pedagógica con 2 docentes de educación inicial.

La evaluación se centró en tres aspectos principales:

- Facilidad de uso: medir la comprensión de los niños al interactuar con la aplicación, analizando la ubicación de cámara, reconocimiento de realidad aumentada y reconocimiento de interacciones.
- Atractivo visual y motivación: identificar si las animaciones y mecánicas captaron la atención.
- Efectividad pedagógica: analizar si los niños lograban reconocer conceptos básicos de adaptación de los seres vivos.

La muestra total fue de 10 niños, todos evaluados de manera individual con sesiones de máximo 10 minutos cada una.

Adicionalmente, los docentes participaron mediante entrevistas para valorar la factibilidad de aplicar la herramienta en el aula.

3.3.1 Planificación

La planificación de las sesiones de evaluación se realizó con el fin de organizar las sesiones de prueba de forma estructurada, estableciendo fechas, horarios y modalidades de participación.

- Fecha de inicio de pruebas: 8 y 15 de agosto del 2025.

- Duración: 2 jornadas de evaluación.
- Horarios:
 - Prueba inicial: 14h00 a 17h30
 - Prueba final: 08h00 a 12h00
- Sesiones: Todas las pruebas fueron individuales, con una duración máxima de 10 minutos por niño.

3.3.2 Objetivo de la Evaluación

Comprobar la facilidad de uso, el atractivo visual y la efectividad pedagógica de SolsiAR para fomentar el aprendizaje de la adaptación de los seres vivos en niños de 4 a 5 años.

3.3.3 Reclutamiento de participantes

- Total, de niños evaluados: 10 participantes de 4 a 5 años.
- Maestros: 2 docentes de educación inicial.
- Criterios de inclusión: Desarrollo típico y sin experiencia previa en RA.
- Criterios de exclusión: Dificultades visuales o motoras que impidan el uso del dispositivo.

3.3.4 Metodología de Evaluación de Usabilidad

La metodología de usabilidad se llevó a cabo mediante la aplicación de diferentes instrumentos dirigidos tanto a los niños participantes como a los docentes.

En los 10 niños participantes se realizó lo siguiente:

- **Observación Estructurada:** se registraron tiempos de interacción por escena, número de intentos y solicitudes de ayuda.
- **Protocolo Think Aloud adaptado:** Los niños fueron alentados a expresar sus pensamientos y emociones al usar la aplicación SolsiAR.

- **Cuestionario pictórico de aprendizajes:** al finalizar, se aplicó un cuestionario visual para identificar el nivel de comprensión de los conceptos de adaptación trabajados.

En los docentes:

- **Entrevista semi-estructurada:** con preguntas distribuidas en cuatro secciones (experiencia general, integración pedagógica, usabilidad y proyección)
- **Cuestionario de Aceptación Tecnológica:** instrumento estandarizado para medir utilidad percibida, facilidad de uso e intención de adopción.

3.4 Resultados

3.4.1 Resultados de niños

Al analizar las observaciones realizadas a los 10 niños, se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

3.4.1.1 Ficha de Observación Estructurada - Usabilidad (Niños) - Navegación

Inicial

La evaluación contempla tres aspectos iniciales:

- Ubicación de cámara (identifica dónde apuntar la cámara)
- Reconoce la Realidad Aumentada
- Reconoce interacciones que puede realizar.

Estos aspectos fueron valorados por diez niños en una escala de 0 a 5, donde 0 indica dificultad y 5 indica facilidad. En la figura 23, 24 y 25, respectivamente, se puede observar los resultados de la evaluación de cada aspecto analizado.

Con relación a la ubicación de la cámara los niños obtuvieron un promedio de 4.3 entre todas las escenas realizadas.

Ahora, por el lado de reconocimiento de objetos de la realidad aumentada, se obtuvo un promedio de 4.4.

Con el aspecto de reconocimiento de interacciones dentro del videojuego, se obtuvo un promedio de 4.6.

Los resultados muestran números positivos, no obstante, debido al tamaño reducido de la muestra, estos resultados deben considerarse como preliminares.

Navegación Inicial

Ubicación de Cámara

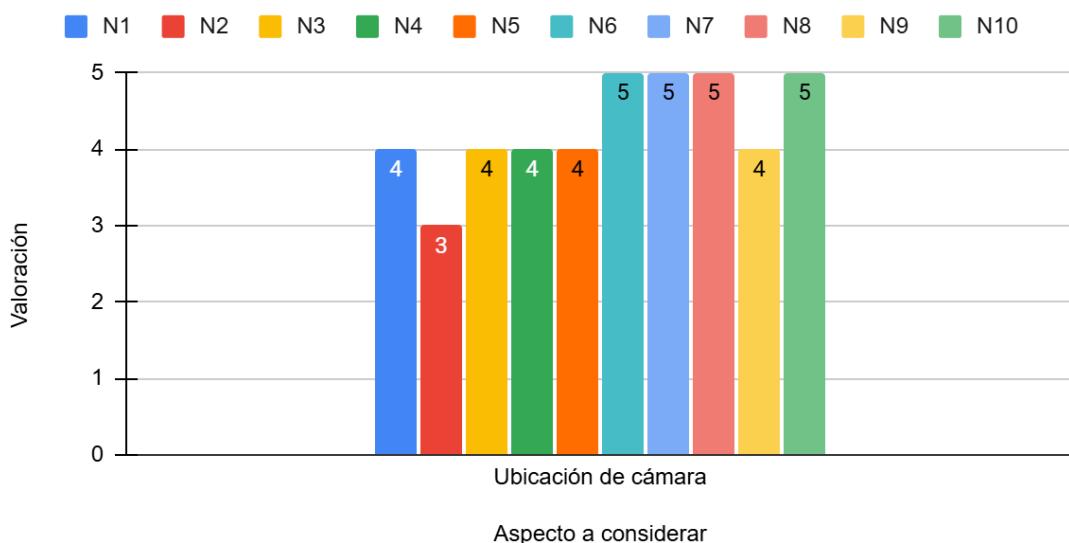


Figura 23. Evaluación de Ubicación de la Cámara

Navegación Inicial

Reconocimiento de Realidad Aumentada

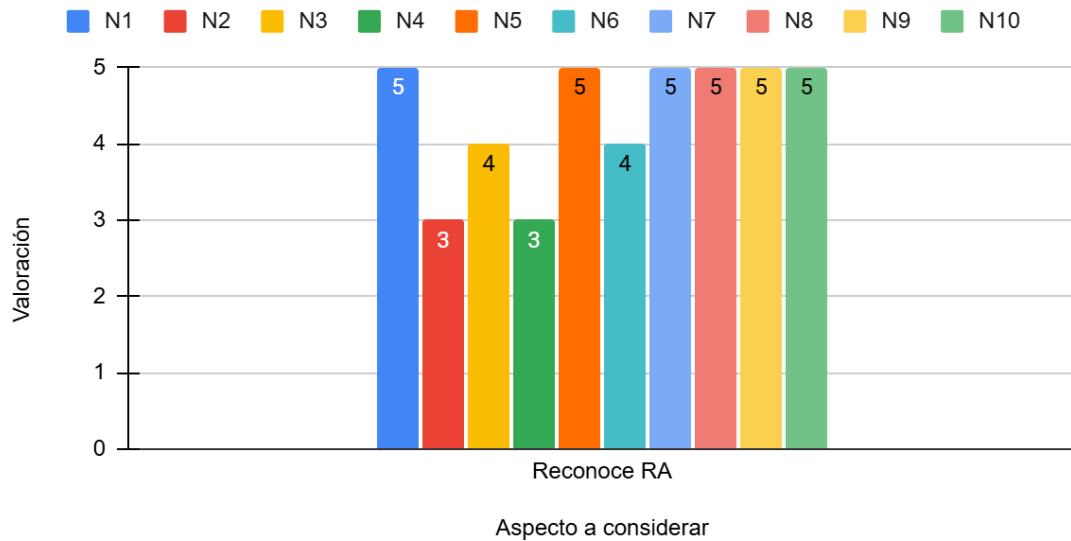


Figura 24. Evaluación de Reconocimiento de Realidad Aumentada

Navegación Inicial

Reconoce Interacciones

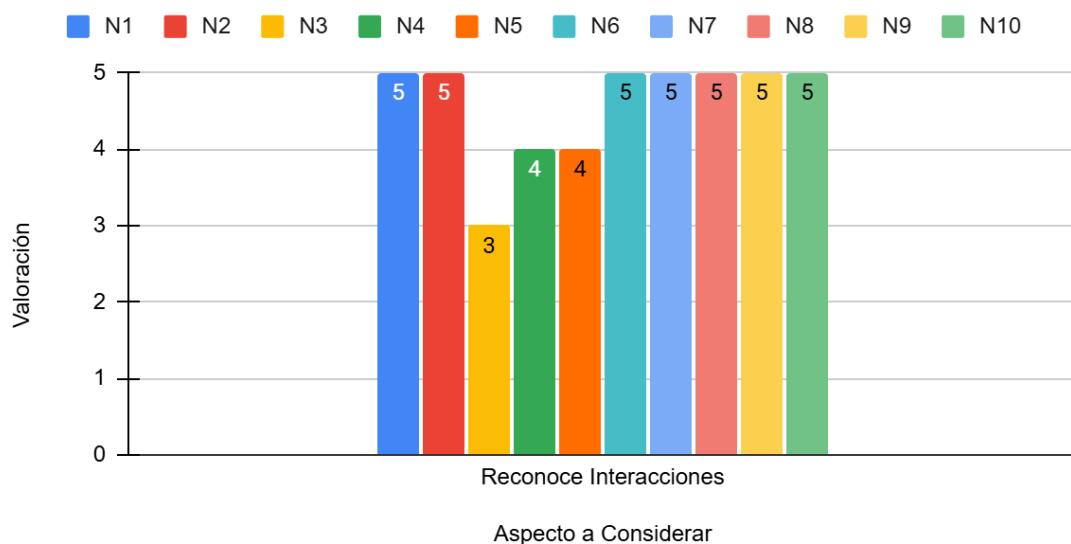


Figura 25. Evaluación de Reconocimiento de Interacciones

3.4.1.1 Ficha de Observación Estructurada - Usabilidad (Niños) -

Observaciones

Durante la fase de evaluación práctica con el videojuego, los diez niños interactuaron con las 8 escenas del juego educativo. Se registró información de tiempo jugado por escena, número de intentos, necesidad de ayuda y comentarios observacionales sobre la interacción realizada.

Se denota que existen escenas que no requieren interacción por parte del niño (escenas 1, 3, 4 y 7), por lo que todos los niños completaron esta escena sin ninguna novedad y sin necesidad de ayuda.

Intentos por escena

La figura 26 muestra cómo se centró la cantidad de intentos por escena, entendida como un indicador directo de la dificultad percibida y el nivel de comprensión de la dinámica de cada minijuego.

En la figura 27, observamos que en la escena 2, la mayoría de los niños completaron la escena en un solo intento, aunque algunos requirieron dos. La escena 2 muestra un promedio de 1.4 intentos, lo que indica que la escena resultó en esta muestra ser intuitiva y accesible con un nivel de dificultad bajo.

En la figura 28, observamos mayor dispersión en la escena 5, aunque niños completaron el reto en el primer intento, otros necesitaron hasta 3 intentos. El promedio fue de 1.9 intentos, con mayor variabilidad respecto a la escena 2.

En la figura 29, observamos el promedio más alto de intentos con un valor de 2.1 intentos. Dentro del análisis, varios niños necesitaron hasta 3 intentos. Esto nos refleja que la escena fue la más compleja de las cuatro analizadas, requiriendo que el niño sea ayudado en la comprensión de las instrucciones y la mecánica del juego de la escena.

En la figura 30, la escena fue finalizada con un promedio de 1.5 intentos. El análisis nos indica que la mecánica fue más fácil de realizar que las anteriores dos escenas, pero menos fácil de realizar que la escena 2.

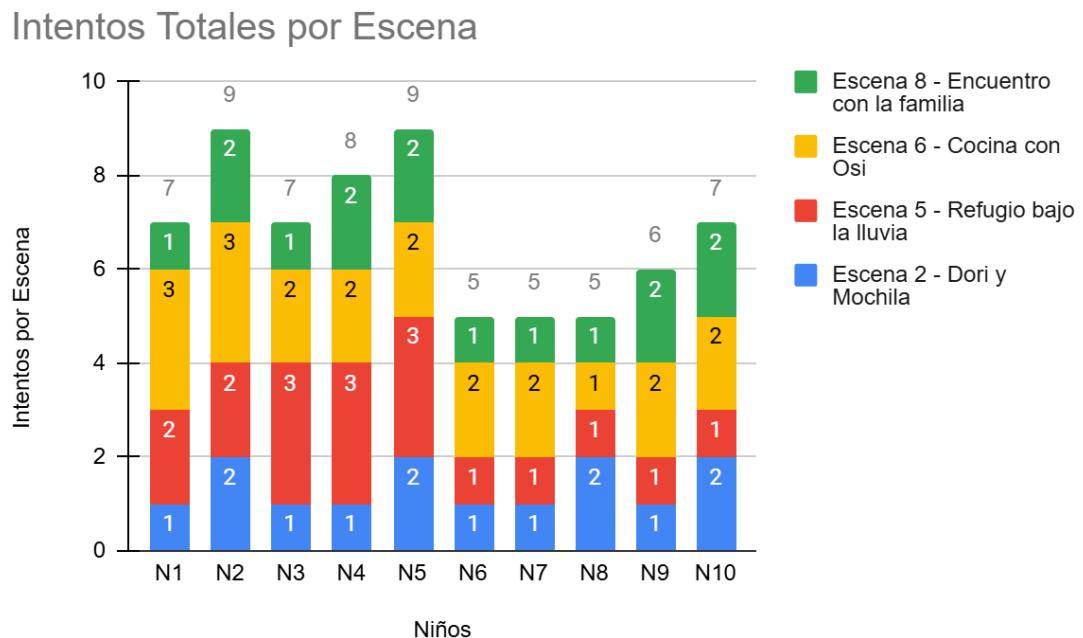


Figura 26. Intentos Totales por Escena

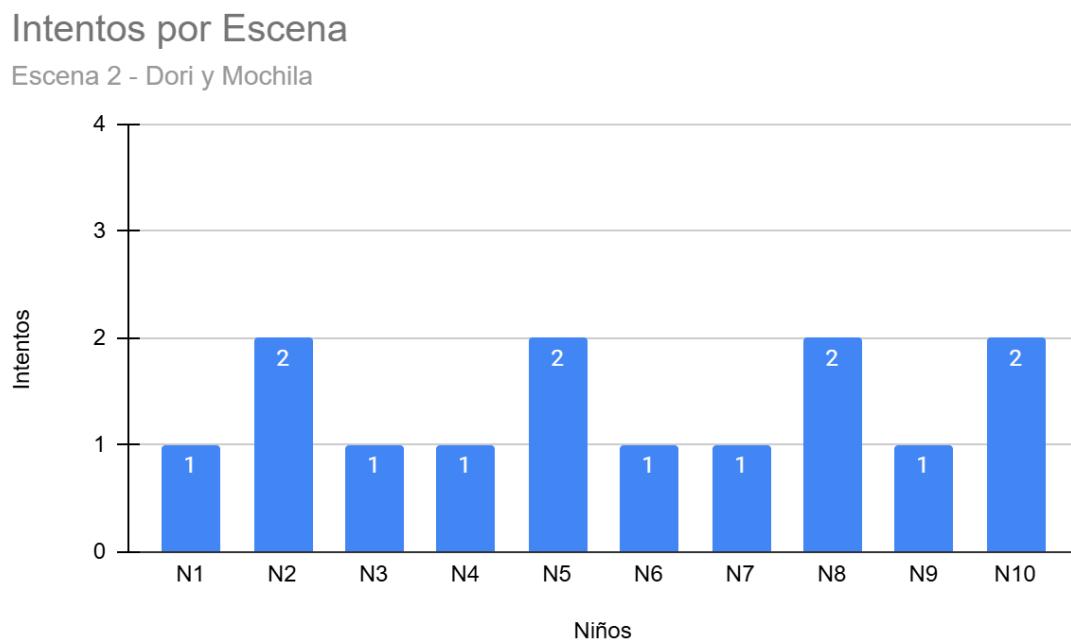


Figura 27. Intentos por escena - Escena 2

Intentos por Escena

Escena 5 - Refugio bajo la lluvia

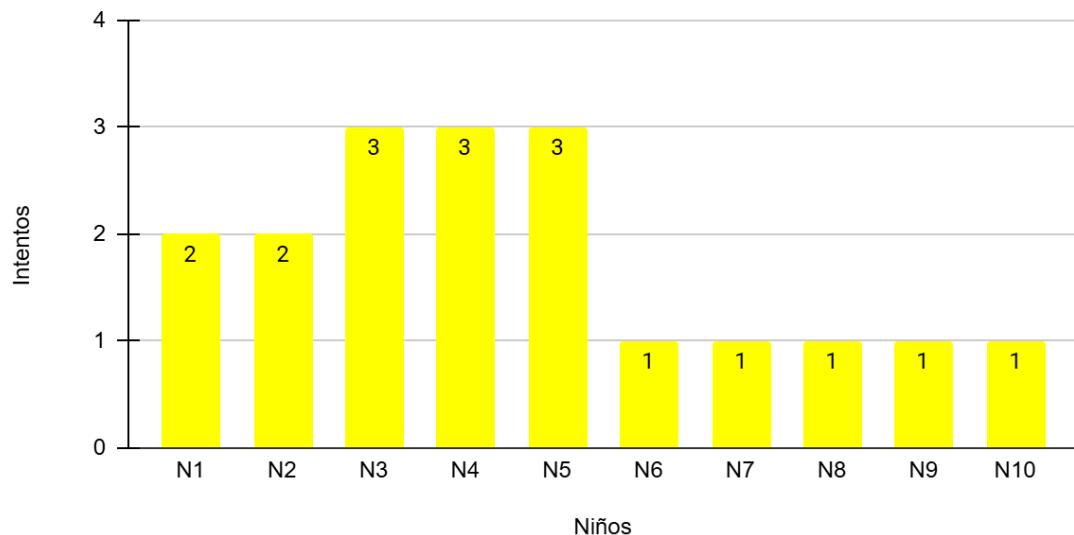


Figura 28. Intentos por escena - Escena 5

Intentos por Escena

Escena 6 - Cocina con Osi

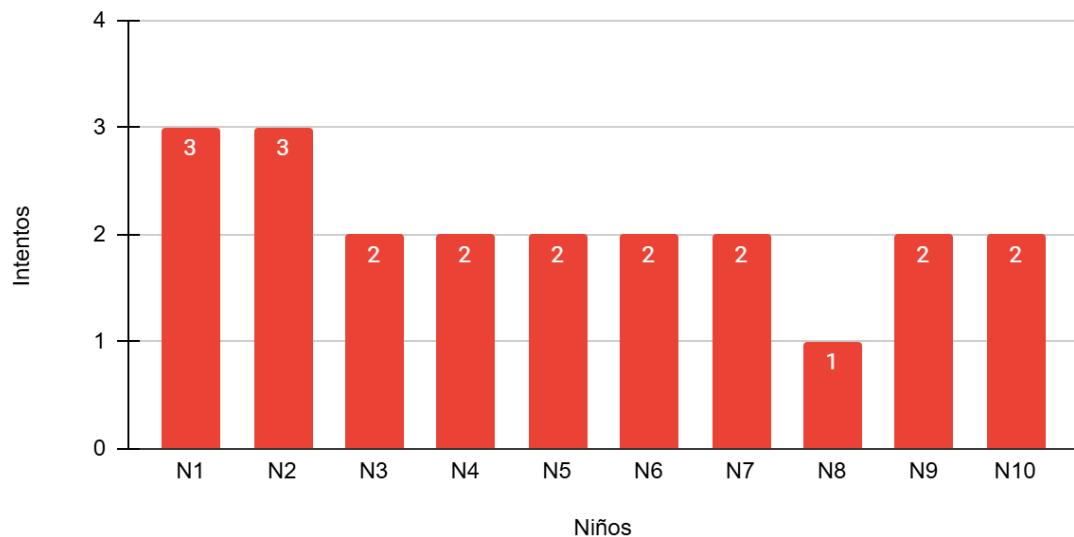


Figura 29. Intentos por escena - Escena 6

Intentos por Escena

Escena 8 - Encuentro con la familia

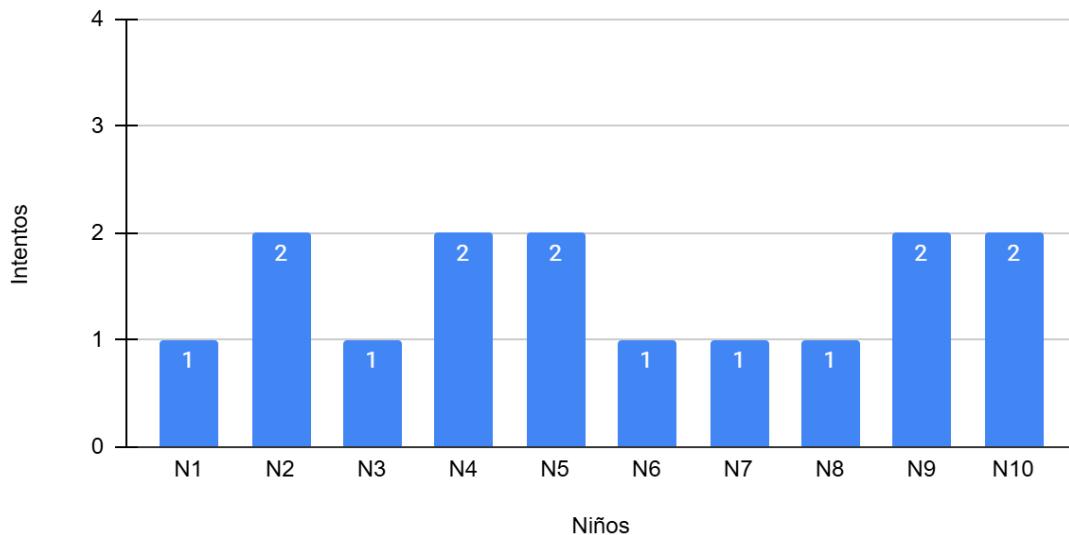


Figura 30. Intentos por escena - Escena 8

Solicitudes de Ayuda y Tiempo promedio de juego por Escena

Además del registro de intentos realizados por cada niño en las escenas jugables, se consideró analizar la cantidad de veces que el niño solicitó ayuda y el tiempo promedio para completar cada escena.

La solicitud de ayuda refleja los momentos en que el niño requiere la intervención del evaluador o docente presente para comprender las instrucciones, identificar la acción a realizar o superar una dificultad durante la interacción. Nos permite valorar la autonomía del niño frente al juego y la claridad de las mecánicas propuestas.

El tiempo promedio nos permite conocer el intervalo de tiempo en el que cada niño necesitó para finalizar la escena. Un tiempo prolongado puede asociarse a mayor complejidad cognitiva, dificultades de usabilidad o poca claridad de las instrucciones, mientras que tiempos muy cortos indican tareas excesivamente simples o baja motivación.

En la escena 2, se registró que 2 de 10 niños (20%) solicitaron ayuda, con un tiempo promedio de 1.2 minutos.

En la escena 5, se registraron 5 de 10 niños (50%), con un tiempo promedio de 2 minutos.

En la escena 6, se registraron 6 de 10 niños (60%), con un tiempo promedio de 2.25 minutos.

En la escena 8, se registraron 3 de 10 niños (30%), con un tiempo promedio de 1.6 minutos.

Tabla 3: Resultado de niños por escena con interacción

Resultados de Niños				
Escena	Intentos promedio	Solicitudes de Ayuda	Tiempo promedio	Rango
Escena 2 – Dori y Mochila	1.4	20%	1.2	1 - 1.5 minutos
Escena 5 – Refugio bajo la lluvia	1.9	50%	2	1.5 - 2.25 minutos
Escena 6 – Cocina con Osi	2.1	60%	2.25	2 - 2.5 minutos
Escena 8 – Encuentro con la familia	1.5	30%	1.6	1 - 2 minutos

3.4.1.2 Cuestionario Pictórico sobre aprendizajes

Se aplicó un cuestionario de 4 preguntas con opciones múltiples representadas mediante imágenes (pictogramas). En la figura 31, se puede observar el progreso y aprendizaje de los niños al final de las actividades realizadas, expresando que un 90% de los niños respondieron adecuadamente las preguntas clave sobre adaptación a los

entornos de los seres vivos, obteniendo un puntaje superior a 8, de los 10 puntos posibles, evidenciando que no solo disfrutaron de la experiencia, sino que realmente asimilaron los conceptos trabajados.

Cuestionario Pictórico sobre Aprendizajes

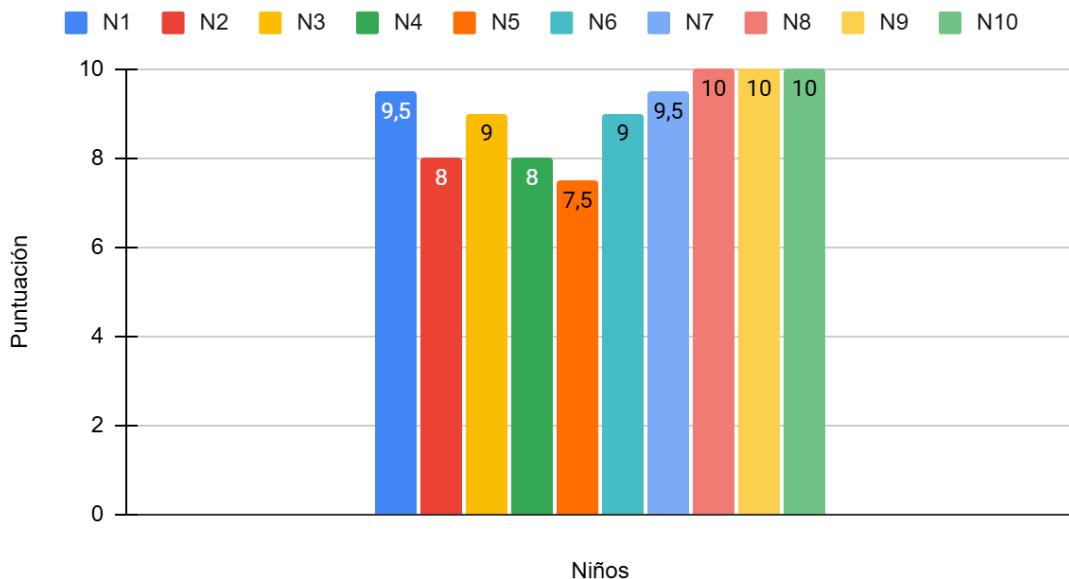


Figura 31. Puntuaciones en Cuestionario pictórico sobre aprendizajes

3.4.2 Resultados de Docentes

La evaluación con docentes se realizó para conocer su percepción sobre la utilidad pedagógica, facilidad de uso y potencial de escalabilidad de SolsiAR. Se aplicaron dos instrumentos: una entrevista semi-estructurada y el cuestionario de aceptación tecnológica.

3.4.2.1 Entrevista Semi-estructurada de Docentes

La entrevista tuvo una duración aproximada de 20 minutos por docente y se organizó en cuatro secciones: experiencia general, integración pedagógica, usabilidad y funcionalidad, y proyección.

- **Experiencia general:** los docentes destacaron la motivación de los niños al usar la aplicación, señalando que mostraron mayor atención y mayor entusiasmo en comparación con clases tradicionales. Ambos coincidieron en que aprender a manejar SolsiAR fue sencillo.
- **Integración pedagógica:** se indicó que la aplicación se integró de manera natural con los contenidos curriculares de ciencias naturales, facilitando la comprensión de conceptos abstractos.
- **Usabilidad y funcionalidad:** los docentes consideraron la aplicación intuitiva, aunque en escenas más complejas los niños requirieron apoyo. La duración de las sesiones fue percibida como adecuada.
- **Proyección y escalabilidad:** recomendarían SolsiAR a otros colegas y sugirieron ampliar el repertorio de contenidos a otras áreas del currículo, como medio ambiente y matemáticas.

3.4.1.2 Cuestionario de Aceptación Tecnológica

El cuestionario evaluó la utilidad percibida, la facilidad de uso y la intención de adopción tecnológica. Ambos docentes calificaron en una escala de 1 a 5 (donde 1 está totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo).

Tabla 4: Resultados cuestionario aceptación tecnológica

Cuestionario de Aceptación Tecnológica				
Dimensión	Aspecto	Docente 1	Docente 2	Promedio
Utilidad Percibida	Mejoró mi efectividad en la enseñanza	5	4	4.5
	Facilitó la enseñanza de ciencias naturales	5	5	5.0
	Me permitió lograr objetivos más	4	4	4

	rápido			
Facilidad de Uso	Interacción clara y comprensible	4	5	4.5
	Aprender a usarlo fue fácil	5	5	5.0
	En general es fácil de usar	5	4	4.5
Intención de Uso	Usaría RA en el futuro	5	5	5.0
	Recomendaría SolsiAR a colegas	5	5	5.0

La aplicación del cuestionario TAM a docentes permitió obtener una primera aproximación respecto a la percepción de usabilidad y aceptación de la propuesta educativa. Los resultados muestran que ambos docentes valoraron positivamente aspectos como la funcionalidad de uso y la utilidad percibida para reforzar aprendizajes en niños de 4 a 5 años.

Sin embargo, debido al tamaño reducido de la muestra, estos hallazgos son exploratorios y preliminares. No es posible establecer generalizaciones a un grupo más amplio de docentes, pero sí sugieren una tendencia favorable que podría ser confirmada en evaluaciones posteriores con una población mayor.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones

El desarrollo y las respectivas pruebas con los usuarios proporcionó ayudó a obtener varias conclusiones importantes.

- El prototipo SolsiAR ha demostrado ser una herramienta efectiva para fomentar la atención y el aprendizaje; los niños lograron reconocer conceptos básicos de adaptación de los seres vivos, evidenciado en el cuestionario pictórico.
- La usabilidad de la aplicación fue en general alta y accesible para el grupo evaluado. Los promedios de facilidad en ubicación de cámara (4.3), reconocimiento de RA (4.4) e interacciones (4.6) confirman que los niños comprendieron rápidamente cómo interactuar con la herramienta.
- Algunas escenas del cuento presentaron mayores retos de interacción como en la escena 6 (Ingredientes) que mostraron un mayor número de intentos y necesidad de apoyo docente, lo que refleja áreas de mejora en la claridad de instrucciones y diseño interactivo.
- El prototipo validó la pertinencia de la realidad aumentada en educación inicial debido a la integración de elementos narrativos, visuales y lúdicos en RA resultó adecuada para captar la atención y estimular el aprendizaje de los niños de 4 a 5 años.

4.2 Recomendaciones

- Optimizar la claridad de las escenas más complejas. Replantear las instrucciones y mecánicas de interacción en escenas con mayores intentos (escena 5 y escena 6) para reducir la necesidad de ayuda externa.
- Se recomienda usar láminas o marcadores con formas más reconocibles y menos complicadas para reducir el “temblor” o reajuste de los objetos 3D al ser detectados.
- Ampliar los contenidos y escenarios educativos. Incorporar nuevas historias y temáticas relacionadas con ciencias naturales y otras áreas del currículo para aprovechar la versatilidad del prototipo.
- Escalar y validar el prototipo en muestras más amplias. Realizar pruebas con mayor número de niños y en diferentes instituciones educativas para evaluar la replicabilidad y la sostenibilidad de la propuesta.

Referencias

- [1] A. M. Á. García y A. B. Carvajal, «Dificultades del aprendizaje en el déficit de atención e hiperactividad en preescolares: una revisión exploratoria de literatura», *Poiesis*, n.º 42, Art. n.º 42, abr. 2022, doi: 10.21501/16920945.3848.
- [2] S. L. García Santana, Y. M. Briones Palacios, S. L. García Santana, y Y. M. Briones Palacios, «Principales dificultades de aprendizaje en estudiantes con trastorno por déficit de atención e hiperactividad», *Revista Cubana de Educación Superior*, vol. 42, n.º 2, ago. 2023, Accedido: 30 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0257-43142023000200005&lng=es&nrm=iso&tlang=es
- [3] P. A. Espinosa-Cevallos, «Problemas de falta de recursos en la educación preescolar: Cómo afecta la calidad de la enseñanza», *Dominio de las Ciencias*, vol. 9, n.º 2, Art. n.º 2, jun. 2023.
- [4] F. Santi-León, «Educación: La importancia del desarrollo infantil y la educación inicial en un país en el cual no son obligatorios», *Revista Ciencia Unemi*, vol. 12, n.º 30, pp. 143-159, 2019.
- [5] V. I. T. Betancourt, J. B. C. Lucero, C. S. C. Alvarez, y M. de J. A. Navarro, «Impacto de la exposición prolongada a dispositivos electrónicos en el desarrollo del lenguaje oral en niños de 3 – 4 años: Impact f prolonged exposure to electronic devices on the development of oral language in children aged 3 – 4 years», *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 5, n.º 4, Art. n.º 4, jun. 2024, doi: 10.56712/latam.v5i4.2263.
- [6] R.-E. Erika, D. C.-O. Perla S., y G.-G. Lucas, «Uso de pantallas y su influencia en la cognición y los hitos del desarrollo motor de infantes mexicanos», *RPCNA*, vol. 11, n.º 2, pp. 21-28, feb. 2024, doi: 10.21134/rpcna.2024.11.2.3.
- [7] J. S. Radesky y D. A. Christakis, «Increased Screen Time: Implications for Early Childhood Development and Behavior», *Pediatr Clin North Am*, vol. 63, n.º 5, pp. 827-839, oct. 2016, doi: 10.1016/j.pcl.2016.06.006.
- [8] E. V. López, S. A. Bones, M. A. E. Guamani, y T. B. Casco, «Realidad Aumentada en la educación inicial para potenciar el aprendizaje y desarrollo infantil», *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 18, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2025.
- [9] R. del C. S. Ortiz, J. E. A. Luna, y L. M. Q. Espinel, «Integración de la tecnología en ambientes educativos un impulso para enriquecer el proceso de aprendizaje», *Tesla Revista Científica*, vol. 4, n.º 2, Art. n.º 2, ago. 2024, doi: 10.55204/trc.v4i2.e404.
- [10] «¿Qué es la Realidad Aumentada? - Onirix». Accedido: 30 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.onirix.com/es/aprende-sobre-ra/que-es-la-realidad-aumentada/>
- [11] «Comparando ARKit vs ARCore vs Vuforia: Herramientas de AR | Juice Studio». Accedido: 30 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://juice-studio.com/comparando-arkit-vs-arcore-vs-vuforia-la-mejor-herramienta-de-ar/>
- [12] «Solución de desarrollo de aplicaciones y juegos de realidad aumentada (AR)», Unity. Accedido: 30 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://unity.com/solutions/xr/ar>
- [13] «Effects of Augmented Reality in Primary Education: A Literature Review», ResearchGate. Accedido: 30 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/374339088_Effects_of_Augmented_Reality_in_Primary_Education_A_Literature_Review

- ty_in_Primary_Education_A_Literature_Review
- [14] G. Lampropoulos, «Teaching and learning natural sciences using augmented reality in preschool and primary education: A literature review», *Advances in Mobile Learning Educational Research*, vol. 4, n.º 1, Art. n.º 1, may 2024, doi: 10.25082/AMLER.2024.01.013.
- [15] O. Pronina y O. Piatykop, «Using Augmented Reality for Learning Animals for Early Childhood Education», en *2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)*, oct. 2023, pp. 1-4. doi: 10.1109/CSIT61576.2023.10324028.
- [16] Y. Chen, D. Zhou, Y. Wang, y J. Yu, «Application of Augmented Reality for Early Childhood English Teaching», en *2017 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, jun. 2017, pp. 111-115. doi: 10.1109/ISET.2017.34.
- [17] L.-K. Lee, C.-H. Chau, C.-H. Chau, y C.-T. Ng, «Using Augmented Reality to Teach Kindergarten Students English Vocabulary», en *2017 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, jun. 2017, pp. 53-57. doi: 10.1109/ISET.2017.20.
- [18] A. Arief, R. D. Nurani, y S. N. Kapita, «Design And Build A Hijaiah Letter Recognition Application For Early Children Using The Markerless Method Based Augmented Reality», en *2023 Eighth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, dic. 2023, pp. 1-4. doi: 10.1109/ICIC60109.2023.10382003.
- [19] T. Bratitsis, P. Bardanika, y M. Ioannou, «Science Education and Augmented Reality Content: The Case of the Water Circle», en *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, jul. 2017, pp. 485-489. doi: 10.1109/ICALT.2017.64.
- [20] R. Liu, Y. Chai, y X. Wei, «Application of the Tablet-based AR in Preschooler's Science Education», en *2023 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, jul. 2023, pp. 195-199. doi: 10.1109/ISET58841.2023.00045.
- [21] «Realidad Aumentada (Menú)», Recursos. Accedido: 30 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://recursos.educacion.gob.ec/red/realidad-aumentada/>
- [22] V. M. Diaz, M. M. Díaz, y E. R. Urbano, «Aprendizaje con videojuegos con realidad aumentada en educación primaria», *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, vol. 26, 2020, Accedido: 30 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/280/28064146007/html/>
- [23] M. S. Alotaibi, «Game-based learning in early childhood education: a systematic review and meta-analysis», *Front. Psychol.*, vol. 15, abr. 2024, doi: 10.3389/fpsyg.2024.1307881.
- [24] C. L. S. Pacheco, «Gamificación en la educación: ¿Beneficios reales o entretenimiento educativo?», *Revista Docentes 2.0*, vol. 7, n.º 1, pp. 12-20, abr. 2019, doi: 10.37843/rtd.v7i1.5.