

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
VALPARAÍSO - CHILE



**“DISEÑO Y DESARROLLO DE PROTOTIPO DE LIBRO
FÍSICO INTERACTIVO CON INTEGRACIÓN DE
REALIDAD AUMENTADA QUE COMPLEMENTE
APLICACIÓN DE COMPRENSIÓN LECTORA. CASO:
ARMADILLO.”**

DENYSS ANDREA CÁRCAMO MORALES

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA**

Profesor Guía: Sven Von Brand
Profesor Correferente: Pedro Godoy

Julio – 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: _____ Diseño y desarrollo de prototipo de libro físico interactivo con integración de realidad aumentada que complementa aplicación de comprensión lectora. Caso: ARmadillo _____

Nombre del candidato(a): _____ Denyss Andrea Cárcamo Morales _____

Carrera / Grado: _____ Ingeniería Civil Informática _____

Campus: _____ Casa central _____ **Departamento:** _____ Informática _____

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, _____ Sven Von Brand _____, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: ____ 10 de Agosto 2026 ____ **Firma:** _____

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: ____ 10 de Agosto 2026 ____ **Firma:** _____

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

DEDICATORIA

Dedicado a todos los gatos del mundo, al sol, a los artistas
y a todas las personas que quiero y me quieren.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo tiene su origen en ARmadillo, una aplicación desarrollada inicialmente para la Feria de Software. Por ello, quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible su creación. En primer lugar, agradezco a la profesora Carolina, quien desde el inicio nos brindó su apoyo con los textos y siempre nos entregó retroalimentación, a los profesores que nos ayudaron y les motivó nuestro proyecto. Al profesor Sven, agradezco que haya aceptado ser mi profesor guía y admiro su trabajo en la empresa de videojuegos chilena.

Al equipo ARmadillo, formado por: Joaquín y Jotam, quienes siempre hicieron que las reuniones fueran divertidas y me introdujeron al mundo de los libros de Brandon Sanderson; Peter, que además de hacer todos los modelos 3D me cae bien; Seba Garay, de quien me alegra haber tenido la oportunidad de conocer gracias a ARmadillo, y a quien ojalá hubiese conocido antes. Finalmente, quiero dedicar un agradecimiento especial a Bárbara, la primera amiga que conocí en la universidad y que sin ella no hubiese terminado esta carrera.

Otros amigos cuyo apoyo fue necesario para lograr completar esta memoria son: Claudia, de mis amigas más antiguas, prácticamente una hermana para mí; Felipe, que lo quiero mucho y me encanta su arte y música.

Por otra parte, quiero destacar el aporte de mi mamá, el poder llegar a mi casa después de la universidad y que haya un almuerzo u once preparada, el olor de galletas en un día helado, la compañía diaria, son lujos que no todos los estudiantes pueden tener y yo estoy inmensamente agradecido por poder tenerlos.

Por último, mis gatos, Linda que en paz descanse y Timothy, que es un rayito de sol.

RESUMEN

Resumen— En Chile hay dificultades en la comprensión lectora de los niños. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue diseñar y desarrollar un prototipo de libro físico interactivo que integrara realidad aumentada para complementar la aplicación de comprensión lectora ARmadillo. Para ello se diseñó el libro en colaboración con una profesora de educación básica. El libro funciona en conjunto con una aplicación que posee actividades orientadas a la comprensión lectora en niños de primero y segundo básico. Estas actividades funcionan detectando ilustraciones en el libro. Se realizó una entrevista con la docente, quién aprobó los diseños implementados y su alineación con habilidades evaluadas en su establecimiento educacional. También se probó el producto con una usuaria del público objetivo, observándose su interés en la aplicación y logrando un desarrollo exitoso de todas las actividades. Los resultados obtenidos sugieren que la integración de un libro físico con realidad aumentada muestra potencial como complemento para el entrenamiento de las habilidades de comprensión lectora en niños de primero y segundo básico.

Palabras Clave— Realidad aumentada, educación, comprensión lectora, gamificación, Chile.

ABSTRACT

Abstract— In Chile, children face difficulties in reading comprehension. In this context, the objective of this research was to design and develop a prototype of an interactive physical book integrating augmented reality to complement the ARmadillo reading comprehension application. To achieve this, the book was designed in collaboration with an elementary school teacher. The book works alongside a mobile application that includes activities aimed at improving the reading comprehension skills of first and second grade elementary students. These activities are triggered by recognizing illustrations in the book. To evaluate the proposed solution, an interview was conducted with the collaborating teacher, who validated the implemented designs and their alignment with the reading comprehension skills assessed at her school. In addition, the prototype was tested with a participant from the target population, who showed interest in the application and successfully completed all the activities. The results suggest that integrating a physical book with augmented reality shows potential as a complementary tool for supporting the development of reading comprehension skills in first and second grade elementary students.

Keywords— Augmented reality, education, Reading comprehension, gamification, Chile.

GLOSARIO

AR: *Augmented Reality* (Realidad aumentada).

DIALECT: Instrumento que incluye prueba de comprensión lectora silenciosa y un conjunto de evaluaciones que miden nivel de desarrollo de diversas habilidades.

GameObject: Objetos fundamentales en Unity que representan personajes, accesorios y el escenario.

Marker: Imagen que puede ser detectada en una aplicación de Unity.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

PISA: Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos.

Prefab: Recurso que funciona como una plantilla reutilizable que puede ser editada para crear variaciones de esta. Permite guardar un objeto y sus componentes, se puede instanciar dinámicamente en tiempo de ejecución.

Script: archivo de código.

UI: *User interface* (Interfaz usuaria). Incluye paneles, botones y elementos de interfaz de la aplicación.

Unity: Motor de desarrollo de videojuegos, proporciona herramientas integradas para manejar gráficos, físicas, sonido, etc.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	4
GLOSARIO	5
INDICE DE CONTENIDOS	6
INDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE TABLAS	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL	16
2.1 Comprensión lectora en niños.....	16
2.1 Gamificación	16
2.3 Realidad extendida	17
2.4 ARmadillo	17
2.4.1 Narrativa.....	18
2.4.2 Tipos de ejercicios	18
2.4.3 Refuerzo positivo	20
2.4.4 Gestor web.....	20
2.5 Diseño de interfaces para niños.....	20
2.6 Herramientas.....	21
CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCION.....	22
3.1 Metodología	22
3.2 Markers y Unity	22
3.2.1 Identificación de markers	22

Diseño y desarrollo de prototipo de libro físico interactivo con integración de realidad aumentada que
complemente aplicación de comprensión lectora. Caso: ARmadillo

3.2.1 Múltiples objetos RA interactivables	24
3.3 Diseño e implementación.....	25
3.3.1 Dibujo	27
3.3.2 Recrear escena en RA	29
3.3.3 Ordenamiento de sucesos	32
3.3.4 Búsqueda de respuesta en ilustración.....	35
3.3.5 Menú principal	37
3.4 Revisión	37
3.5 Definiciones	39
3.6 Audio.....	40
CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN	41
4.1 Pruebas del software	41
4.1.1 Pruebas reconocimiento de markers.....	41
4.1.2 Pruebas de funcionamiento.....	47
4.2 Entrevista semi estructurada con profesional	49
4.3 Prueba con público objetivo	51
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	57
5.1 Resultados	57
5.2 Trabajo a futuro	58
5.2.1 Rediseño de UI	58
5.2.2 Elementos extra	61
5.2.3 Pruebas.....	61
5.2.4 Arreglos a markers	61
5.3 Recomendaciones.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rendimiento promedio en comprensión de lectura.	12
Figura 2: Resultados PISA 2022.	13
Figura 3: Realidad extendida. Fuente: ixdf.....	17
Figura 4: Mapa de Chile. Fuente: App Armadillo.....	18
Figura 5: Ejemplo narrativa.	18
Figura 6: Actividad ordenamiento de sucesos.....	19
Figura 7: Ejemplo de marker.	22
Figura 8: Algunos animales de la aplicación.....	23
Figura 9: Modelos 3D sobre markers 1 y 2.....	23
Figura 10: Modelo 3D sobre marker detallado.	24
Figura 11: <i>Reference Image Library</i>	24
Figura 12: <i>Multiple image tracker</i> en inspector.	25
Figura 13: Cuento en plana izquierda, actividad en la derecha.....	26
Figura 14: Página explicativa del libro.	27
Figura 15: Actividad de dibujo letra T.....	28
Figura 16: Actividad de dibujo letra M.....	28
Figura 17: Pantallazos actividad letra T en App.....	29
Figura 18: Extracto <i>script MultipleImageTrackingMananger</i>	29
Figura 19: Actividad de recrear escena letra P.	30
Figura 20: Actividad de recrear escena letra L.	30
Figura 21: Pantallazo a actividad letra L de recrear escena.	31
Figura 22: Extracto script <i>MultipleImageTrackingMananger</i>	31
Figura 23: Extracto script <i>AnswerChecker</i>	32
Figura 24: Actividad de ordenamiento letra N..	33
Figura 25: Actividad de ordenamiento letra S.....	33

Figura 26: Pantallazos actividad de ordenamiento letra N.	34
Figura 27: Extracto script OrderManager.	34
Figura 28: Actividad de búsqueda en ilustración de letra D.....	35
Figura 29: Pantallazos de actividad de búsqueda, letra D.....	36
Figura 30: Extracto del <i>script SelectedInSearch</i>	36
Figura 31: Pantallazos interfaz aplicación.	37
Figura 32: Ejemplo interfaz revisión de completitud actividades.....	38
Figura 33: Respuestas correctas colocadas en inspector de Unity.....	38
Figura 34: Funcionamiento de definiciones en aplicación.	39
Figura 35: Ejemplo elección de markers de definiciones en texto letra P.	40
Figura 36: Funcionamiento de audio en cuentos. F.....	40
Figura 37: Modelo 3D visto de cerca y lejos.....	53
Figura 38: Propuesta de rediseño UI general..	58
Figura 39: Propuesta de rediseño, panel de avance.....	59
Figura 40: Propuesta de rediseño, actividad búsqueda en ilustración.	60
Figura 41: Propuesta de rediseño, recrear escena..	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Pruebas detección de markers de actividad.	41
Tabla 2: Pruebas detección de markers de audio.....	44
Tabla 3: Pruebas detección de markers de definiciones.....	45
Tabla 4: Pruebas para actividad de recrear escena.	47
Tabla 5: Pruebas para actividad de ordenamiento de sucesos.	48
Tabla 6: Pruebas para actividad de recrear escena.	49
Tabla 7: Datos de entrevista con profesora.	50

INTRODUCCIÓN

La comprensión lectora es la habilidad de entender e interpretar textos, necesaria en la vida de las personas utilizándose de manera explícita e implícita a lo largo de la vida. No obstante, existe un déficit considerable en el desempeño de la comprensión lectora en Chile, en especial en los niños de primero y segundo básico. Estas deficiencias a temprana edad pueden tener un impacto negativo a largo plazo, afectando no solo su rendimiento académico, sino su desarrollo personal, profesional y social.

En este contexto, surge la necesidad de proporcionar a los docentes herramientas novedosas de comprensión lectora que les faciliten enfocarse en la enseñanza y el seguimiento del progreso de sus estudiantes. En respuesta a esta problemática se desarrolló la aplicación de comprensión lectora ARmadillo, aplicación móvil para estudiantes de primero y segundo básico. Esta aplicación ofrece actividades centradas en la comprensión lectora, empleando metodologías variadas, diseñadas y validadas en conjunto con una profesora de educación básica. Apoyados con la interacción en realidad aumentada, creando una nueva forma de aprender jugando con AR.

Actualmente la aplicación cuenta con actividades puramente digitales, al probar la aplicación en un colegio se observó que las actividades distraían a los niños de los textos, saltándolos para pasar a la actividad, además de esto la lectura en libros físicos posee beneficios diferentes a la lectura digital. Considerando esto se propone un recurso complementario en formato físico para la aplicación ARmadillo, un prototipo de libro que funcione en conjunto con la aplicación.

Organizando el desarrollo con Kanban se diseñó un libro con 7 cuentos, cada uno con una actividad diferente diseñada en conjunto con una profesora de educación básica. Las actividades se interactúan con el celular, el cual usando el sistema de detección de *markers* de Unity muestra información en pantalla dependiendo de estos.

Las actividades implementadas son: Dibujo, en la que el niño realiza un dibujo según se pida; recrear una escena, según la información presentada en el cuento; ordenamiento de sucesos, donde se deben ordenar distintos sucesos según el orden en que se mencionan; búsqueda en ilustración, en la que se eligen los hábitats en los que se encuentra el animal.

En este informe primero se explicará a mayor profundidad el alcance del problema y las aplicaciones que actualmente existen para tratarlo, junto con sus falencias. En base a estos se definirán los objetivos a abordar. Posteriormente se desarrolla la propuesta de solución, la creación de los *markers* apropiados para el libro, el diseño e implementación de las actividades y cómo se ordenará el contenido de este.

Para evaluar la propuesta, se realizará una entrevista con la docente, y una prueba del producto con una usuaria del público objetivo. Finalmente se presentan los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La comprensión lectora es el conjunto de habilidades que permiten el entendimiento y procesamiento de textos, ya sea explícito o implícito, así como la capacidad de relacionar conceptos, pensar de manera crítica y analizar; todas ellas capacidades fundamentales en la vida de las personas, pero que se encuentran al debe en Chile.

En la figura 1 se puede ver como en el Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de la Población Adulta Chile obtuvo un promedio de 218 puntos en comprensión de lectura (por debajo del promedio OCDE) y mucho menor a los países con mejores resultados. Con el 53% de los adultos alcanzando un Nivel 1 o inferior, un porcentaje mucho mayor al promedio de 26% de la OCDE, lo que indica baja competencia.

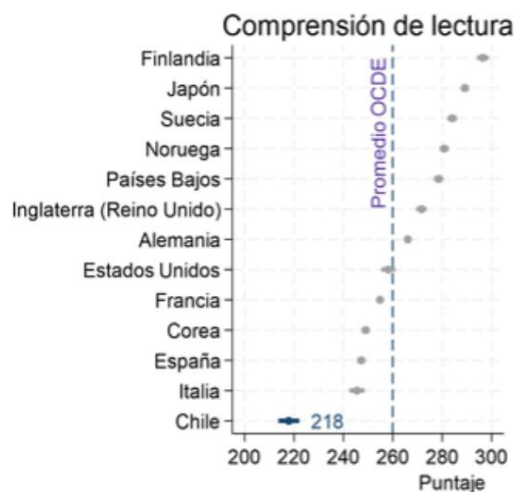


Figura 1: Rendimiento promedio en comprensión de lectura.
Fuente: OCDE

Este problema no se limita a la población adulta, sino que tiene sus raíces en los inicios de la formación educativa. Según el Centro de Estudios Mineduc, aproximadamente 513.013 estudiantes cursaban primero y segundo básico el 2022 y de ellos, diversos estudios han demostrado problemas de lectura y comprensión en la mayoría del alumnado. Un estudio de la Universidad de los Andes demostró que tras la pandemia 96% de los niños de primero básico no conocen el alfabeto (Gana, 2022), en otro estudio más reciente “Radiografía de la Lectura en segundo básico” realizada en la región metropolitana se demostró que la mayoría de ellos presenta un 60% no alcanzaba el nivel de comprensión lectora esperado para su edad (Escuela de Gobierno UC, 2024). Estas cifras revelan una problemática significativa, pues una gran parte del estudiantado no está desarrollando una base lectora sólida durante una etapa clave de su formación.

Esta situación se ve reflejada también en evaluaciones internacionales. En la figura 2 se muestran los resultados del estudio de PISA en 2022, el cual ubica a Chile por encima del

promedio latinoamericano en comprensión lectora; sin embargo, el país permanece por debajo del promedio de 476, siendo un resultado poco satisfactorio.

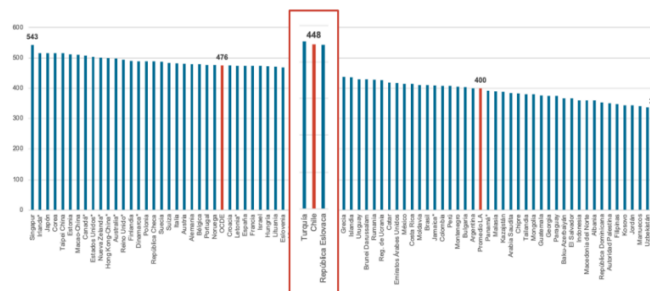


Figura 2: Resultados PISA 2022.

Fuente: Agencia de Calidad de la Educación en base a datos OCDE PISA 2022

Estas deficiencias a temprana edad pueden tener un impacto negativo a largo plazo, afectando no solo su rendimiento académico, sino su desarrollo personal, profesional y social.

Frente a esta problemática, abordar estas brechas desde la infancia se vuelve fundamental, ya que es en los primeros años de escolaridad donde se construyen las bases de la comprensión lectora y del aprendizaje en general. Promover estrategias tempranas que fortalezcan estas habilidades no solo aumenta las posibilidades de éxito académico a lo largo de la trayectoria escolar, sino que también contribuye a reducir las desigualdades que persisten en la adultez.

Este panorama representa un desafío importante para el sistema educativo, especialmente para los docentes de primero y segundo básico. En este grupo de acuerdo con el centro de estudios Mineduc, se estima que hay alrededor de 120.000 docentes dedicados a la educación básica, quienes enfrentan la tarea de fortalecer las habilidades de comprensión lectora de sus estudiantes. En paralelo, las familias también enfrentan dificultades al intentar apoyar a sus hijos en el desarrollo de la lectura.

En este contexto ha habido un aumento del uso de herramientas interactivas, como las aplicaciones educativas, las cuales han demostrado ser prometedoras cuando se utilizan de manera cuidadosa y bajo la supervisión de los padres (Operto et al., 2023), asimismo, se aprovecha la familiaridad que los niños tienen con los dispositivos digitales.

Existen alternativas disponibles que se centran en mejorar el desempeño de los niños en diversas el área de la comprensión lectora, otorgando una experiencia lúdica mediante la utilización de aplicaciones o páginas web. Un ejemplo de ello es Letrapps, recurso educativo digital que permite realizar un monitoreo del Dominio Lector (Calidad, Velocidad y Comprensión Lectora) por medio de una plataforma web con actividades como sopa de letras, deslizógrafo, etc. Generando reportes para los profesores según la habilidad evaluada (Letrapps, 2026). Si bien esta plataforma automatiza la creación de ejercicios y la revisión de estos, no aprovecha las herramientas ofrecidas por el nuevo

formato digital, limitándose a juegos simples y sin poseer una interfaz interesante ni atractiva para sus usuarios. Un problema similar ocurre con carácter games que pese a su interfaz llamativa mantiene una metodología ordinaria y simple, carente de innovación, ofreciendo actividades antes realizadas en guías, preguntas de selección múltiple y crucigramas (24 horas, 2021).

Una aplicación que adopta un enfoque distinto es Bookful, la cual agrega realidad aumentada, tecnología que permite la interacción entre ambientes o elementos virtuales y el mundo físico, posibilitando que ambos se entremezclen a través de un dispositivo tecnológico (Grapsas, 2019). Su objetivo principal no es la comprensión lectora, centrándose solamente en mostrar escenas en AR sin poseer estas una mayor interacción ni conexión con las preguntas que se realizan de manera independiente.

Al considerar las alternativas mencionadas, se evidencia la brecha existente entre aplicaciones de lectura y sus metodologías. En respuesta a esta problemática se desarrolló la aplicación de comprensión lectora ARmadillo, aplicación móvil para estudiantes de primero y segundo básico. Esta aplicación ofrece actividades centradas en la comprensión lectora, empleando metodologías variadas, diseñadas y validadas en conjunto con una profesora, Carolina Pérez Morales, profesora de educación básica.

Los métodos que se trabajan en la aplicación son: interrogación de texto explícito e implícito, préstamo literario, ordenamiento de sucesos, escritura espontánea, caza de palabras y clasificación de palabras. Apoyados con la interacción en realidad aumentada, creando una nueva forma de aprender jugando con AR. Se han encontrado resultados que indican que la utilización de realidad aumentada en el contexto educativo tiene un impacto medio en la efectividad del aprendizaje, siendo sus ventajas más reportadas la motivación y el desempeño del estudiante (Garzón et al., 2019).

El entorno digitalizado en el que se desenvuelven los niños es una oportunidad para abordar la educación de forma lúdica y entretenida; la gamificación de actividades ha demostrado tener impactos positivos en la motivación a la hora de realizar actividades (Campaña, 2021). Con la utilización de AR se espera que el niño considere el aprendizaje como un juego en lugar de una tarea o evaluación.

Actualmente la aplicación cuenta con actividades puramente digitales, se han demostrado que la lectura en dispositivos digitales produce mejores resultados en el aprendizaje psicomotor y afectivo, sin embargo, hay beneficios que trae la lectura en libros físicos, como el aprendizaje cognitivo, que depende de la capacidad de memoria y retención (Ayoub et al., 2023). Libros físicos también pueden tener ciertas ventajas en comparación a los digitales cuando se trata de textos que integran narrativa e información (Delgado et al., 2018). También al probar la aplicación Armadillo en un aula de clases se notó que los niños no tomaban el tiempo de leer los cuentos completos y se apresuraban por empezar la actividad con realidad aumentada, mostrando que podría mejorarse el formato en el que se presentan. Debido a esto, se propone un recurso complementario en formato físico

para la aplicación ARmadillo, un prototipo de libro que funcione en conjunto con la aplicación y haga uso de la realidad aumentada por medio de esta.

1.1 Objetivo General

- Diseñar y desarrollar un prototipo de libro físico interactivo que integre realidad aumentada para complementar aplicación de comprensión lectora ARmadillo.

1.2 Objetivos Específicos

- Diseñar propuestas de experiencia interactiva que integre prototipo de libro físico junto a realidad aumentada.
- Validar diseños con experto de la educación y seleccionar los que serán implementados.
- Implementar diseños en la aplicación.
- Probar implementación con usuarios objetivo.
- Analizar resultados e identificar posibles mejoras.

CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se definirán conceptos necesarios para el entendimiento de la propuesta.

2.1 Comprensión lectora en niños

En la comprensión lectora se distinguen tres niveles: literal, que se refiere a la habilidad del alumno para comprender explícitamente lo dicho en el texto; inferencial, que indica la habilidad del estudiante para elaborar conjeturas e hipótesis acerca del texto; crítico, que se vincula con su habilidad para evaluar la calidad de un texto y la emisión de juicios razonados sobre el mismo (Smith, 1989).

Se ha demostrado que para el fortalecimiento de las habilidades de comprensión lectora es de suma relevancia trabajar desde los primeros años, con el fin de que el estudiantado se apropie de las estructuras gramaticales y logre desarrollar un hábito lector (Núñez-Valdés, 2019). Asimismo, diversos estudios destacan que la comprensión lectora permite a los estudiantes desarrollar habilidades fundamentales, como la capacidad de imaginar, seleccionar y valorar datos, así como elaborar resúmenes y clasificar información, lo que resulta crucial para un aprendizaje efectivo (Vásquez Sierra, 2022; Hernández et al., 2015).

Además, la literatura revisada subraya la importancia de la comprensión lectora en sus distintos niveles: literal, inferencial y crítico. Estos niveles no solo facilitan la interacción con el texto, sino que también promueven un análisis más profundo y reflexivo de su contenido (Tacuri Jara y Toledo Moncayo, 2022; Agudelo Valencia, 2021).

En la región metropolitana se realizó una evaluación DIALECT para realizar un diagnóstico profundo de los subprocesos lectores necesarios para la comprensión lectora en niños de segundo básico. Los subprocesos lectores más importantes para la comprensión son la conciencia fonológica, la decodificación, la fluidez, el vocabulario y la comprensión auditiva, independientemente del tipo de subproceso lector, su enseñanza debe ser siempre explícita, sistemática y secuenciada. En este estudio se evidenció una debilidad significativa en la comprensión lectora de los estudiantes de 2° básico que rindieron la evaluación, más de la mitad de estos estudiantes tiene rezago en 3 o más subprocesos lectores, siendo algunos de los con mayor deficiencia el reconocimiento de palabras frecuentes y el manejo de vocabulario (Claro *et al.*, 2023).

2.1 Gamificación

La gamificación consiste en utilizar elementos de juegos como puntuación, recompensas, etc. En contextos que no son juegos para agregar diversión y estimulación a una tarea que de otra forma podría resultar poco motivadora.

En esta línea, la aparición de propuestas como el ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos) o el *Game-based learning* (aprendizaje basado en juegos) han confirmado la importancia de

la motivación intrínseca y cómo esta logra implicar a los estudiantes de una forma práctica y más autónoma (Perrotta, Featherstone, Aston y Houghton, 2013).

En consecuencia, la gamificación se presenta como una herramienta innovadora, que permite promover el aprendizaje autorregulado y valorar el progreso de la enseñanza-aprendizaje de los alumnos de forma personalizada y en tiempo real (Zambrano-Álava, et al., 2020). Además, diversos estudios han encontrado resultados que sugieren que la integración de tecnologías en el aula aumenta la motivación y el compromiso de los estudiantes, lo que se traduce en experiencias de aprendizaje más efectivas (Tenecota et al., 2024).

2.3 Realidad extendida

La realidad extendida o XR (*Extended reality*) hace referencia a cualquier tecnología que altera la realidad agregándole elementos digitales al mundo real. Podemos encontrar una gama de niveles en los que esto puede ocurrir, AR (*Augmented reality*) que coloca elementos digitales en el entorno real, MR (*mixed reality*) que mezcla el mundo físico y el digital en un ambiente en el que pueden interactuar el uno con el otro y VR (*virtual reality*) que es una vista completamente inmersiva del mundo digital.

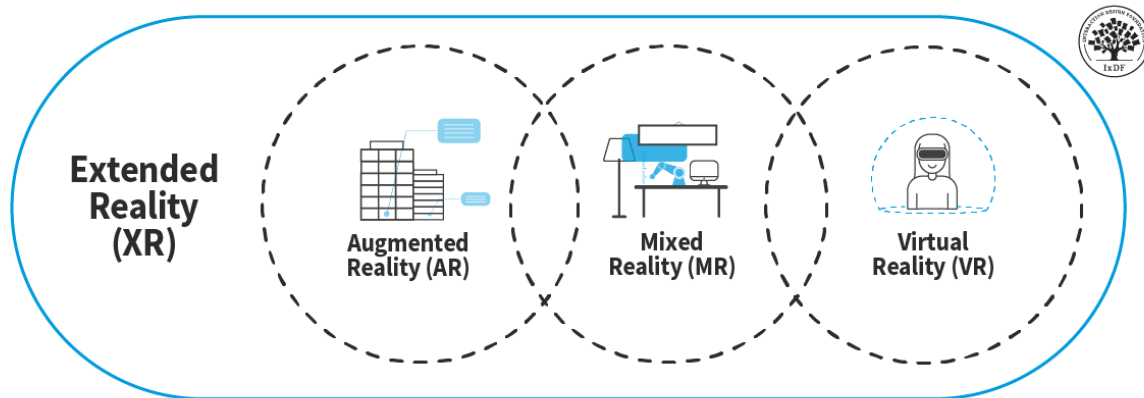


Figura 3: Realidad extendida. Fuente: ixdf.

2.4 ARmadillo

Aplicación que se complementa con el trabajo de esta memoria. Esta aplicación utiliza realidad aumentada en conjunto con ejercicios creados en conjunto con una profesora para ayudar a la comprensión lectora en niños de primero y segundo básico.

La aplicación posee unidades con múltiples ejercicios para las letras M, L, P, S, T, N, D y en los grupos consonánticos Fr y Fl, Pr y Pl, Tr y Tl, Gr y Gl, Cr y Cl.

2.4.1 Narrativa

El niño recorre un mapa de Chile manejando un armadillo, desbloqueando nuevas actividades a medida que avanza y se liberan en el gestor web. Al iniciar una unidad se muestra una pequeña historia donde se aprende sobre el animal que será protagonista del cuento de la actividad y se menciona algún dato de la región en la que se encuentra.

La historia principal explica que el Armadillo recorre Chile en busca de su hermano, empezando desde el norte y terminando en el sur.



Figura 4: Mapa de Chile.
Fuente: App Armadillo.



Figura 5: Ejemplo narrativa.
Fuente: App Armadillo

2.4.2 Tipos de ejercicios

Tras leer la introducción con el animal se presenta un menú con actividades, cada letra puede tener las actividades: Caza palabra, Lectura explícita, lectura implícita, inferencia y ordenamiento de sucesos.

- **Caza palabra:**

Se presenta un texto donde se deben apretar las palabras desconocidas, estas empiezan con la letra de la unidad y al apretarlas se muestra su significado. Luego de encontrar todas, se pasa a la actividad de realidad aumentada, en esta se muestra una frase con una palabra faltante y el niño debe buscar la palabra y mantenerla en la mira mientras esta gira a su alrededor.

- **Actividades de lectura explícita, implícita e inferencia:**

Primero se muestran preguntas con alternativas que se responden apretando la correcta. En la segunda parte se vuelven a mostrar preguntas del tipo correspondiente (explícita, implícita o inferencia) y se presenta un modelo 3D representativo de cada opción. El niño responde seleccionando el modelo 3D correcto.

- **Ordenamiento de sucesos:**

Se le indica al niño que apunte a una mesa y mueva el celular, al detectar una superficie plana se muestran modelos 3D representando escenas del cuento y se deben ordenar cronológicamente en las plataformas numeradas.

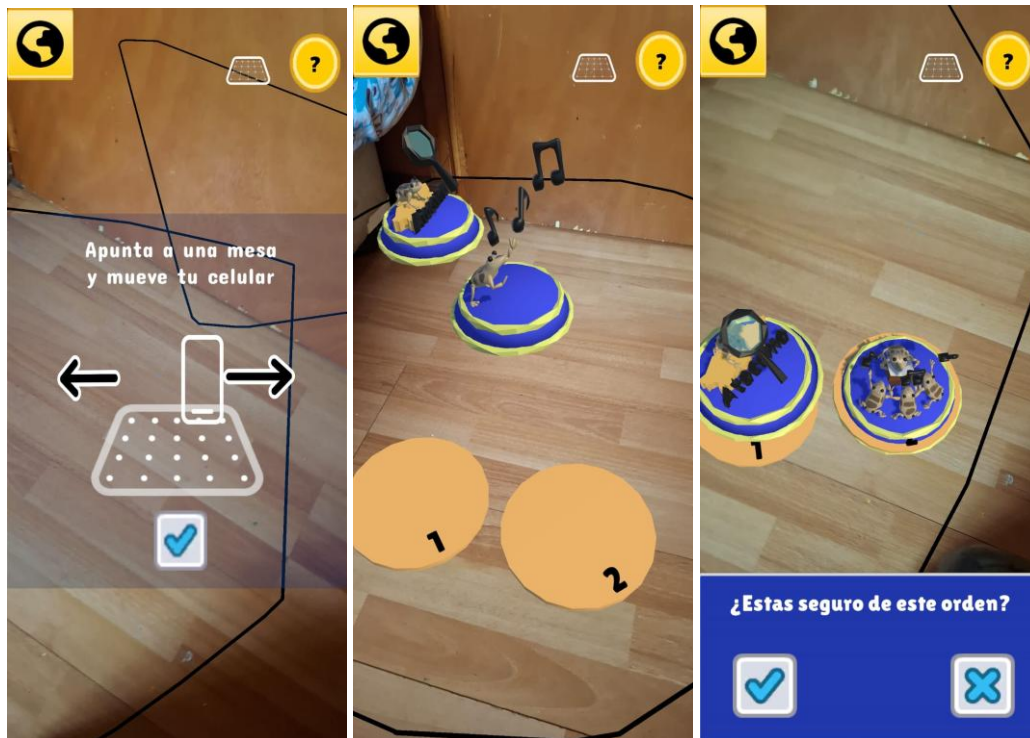


Figura 6: Actividad ordenamiento de sucesos.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del mapa también hay “desvíos”, actividades fuera de las unidades que pueden ser realizadas:

- **Clasificación de palabras:**

Palabras con su primera letra faltante rodean al niño en un entorno de realidad aumentada, al apuntar una se puede elegir la letra que la completa apretando la rana correspondiente.

- **Afiche:**

Se muestran preguntas subjetivas sin respuestas correctas o incorrectas para que el niño explore su creatividad tomando una foto al animal que más le guste en el entorno de realidad aumentada y posteriormente rellenando un afiche con el texto que quiera.

- **Clasificación de textos no literarios:**

Se muestra un texto no literario que puede ser una noticia, receta, carta o afiche y se debe seleccionar en realidad aumentada el lugar al que corresponde, estos pueden ser: kiosko, cocina, buzón, diario mural o librero.

2.4.3 Refuerzo positivo

Al terminar algunas de las actividades el niño recibe de 0 a 3 estrellas dependiendo de su desempeño, con estas se pueden comprar objetos en las tiendas, hay una por cada zona de Chile, norte, centro y sur; los objetos de estas son representativos de cada zona y al ser comprados pueden ser utilizados para decorar la casa del armadillo.

2.4.4 Gestor web

Armadillo también cuenta con un gestor web donde aparecen todas las respuestas a las actividades realizadas por los niños clasificadas según su curso correspondiente y su nombre, en esta el profesor puede revisar en qué áreas de la comprensión lectora los niños tienen problemas.

2.5 Diseño de interfaces para niños

Para realizar diseño de interfaces usuarias (UI) y de experiencia usuaria (UX) en aplicaciones para niños hay que tener consideraciones diferentes a las que se tendría con adolescentes o adultos. Amin y Shidujaman mencionan que es altamente recomendable el uso del color azul en la UI, mientras que el color rojo no es recomendable en el ámbito de aplicaciones educativas. También recalcan la importancia de mantener un layout simple en la aplicación para facilitar el entendimiento de esta en los niños, con dibujos o figuras en lugar de texto, esta siendo una consideración relevante, ya que muchos niños de esa edad no pueden leer o leen lento. Ellos incluyen recomendaciones por edad para UX, dentro del rango que respecta esta memoria (6 a 8 años) se indica el uso de feedback/premios por sus acciones, vocabulario familiar y colores brillantes (Amin y Shidujaman, 2023).

2.6 Herramientas

Para la realización del libro se utilizará el motor de videojuegos Unity, en conjunto con el paquete *AR Core Foundation* para la implementación de realidad aumentada, este paquete contiene herramientas multiplataformas que permiten crear experiencias de realidad aumentada para Android o iOS en Unity.

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCION

3.1 Metodología

Para la realización de este proyecto se utilizó una metodología basada en Kanban, en la que las tareas a realizar se dividieron en “Por hacer”, “En progreso”, “Por revisar” y “Listo”. Se realizaron reuniones con la profesora para discutir el diseño, acordar el alcance del libro y las áreas de la aplicación a complementar con actividades enfocadas en entendimiento de información explícita; también se definieron diseños de actividades a implementar.

3.2 Markers y Unity

3.2.1 Identificación de *markers*

Primero, se realiza un análisis sobre la detección de *markers* de Unity. Si bien el programa cuenta con *markers* de ejemplo, se busca identificar qué tipo de imágenes se pueden reconocer y el tamaño adecuado para que puedan aparecer las actividades interactivas y los modelos 3D sobre estas. Los diseños de los *markers* deben ser lo suficientemente llamativos para un libro de actividades para niños de 1ro y 2do básico.

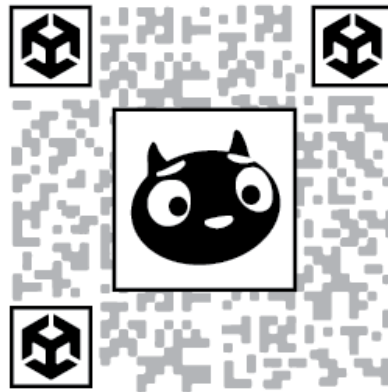


Figura 7: Ejemplo de marker.
Fuente: Unity.

Unity indica que *AR Foundation* utiliza solamente información en escala de grises para la detección de imágenes, por lo que se requiere que las imágenes posean buen contraste para que no haya problemas en su detección. Además, se recomienda que eviten patrones repetitivos en su diseño (Unity 2022).

Con esto en mente, se realizan *markers* con ilustraciones de los animales presentes en la aplicación.



Figura 8: Algunos animales de la aplicación.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8 los dos primeros funcionan sin problemas, y tercero presenta el error al intentar exportar el proyecto a celular: *"Failed to get enough keypoints from target image. Low scoring image report from 'arcoreimg eval-img' for library ReferenceImageLibrary"* (No se pudieron obtener suficientes puntos clave de la imagen objetivo. Informe de la imagen con puntuación baja de 'arcoreimg eval-img' para la biblioteca *ReferenceImageLibrary*).

El paquete ARCORE SDK cuenta con la herramienta *arcoreimg*, la cual realiza un análisis de calidad de imagen en referencia a su efectividad como *marker* para la aplicación, evaluándolas con un puntaje de 0 a 100.

Se especula que la calidad insuficiente del tercer *marker* es por la similitud de sus colores y la gradiente que pinta su cuerpo, estos detalles se toman en cuenta y se prueba con una ilustración más detallada.

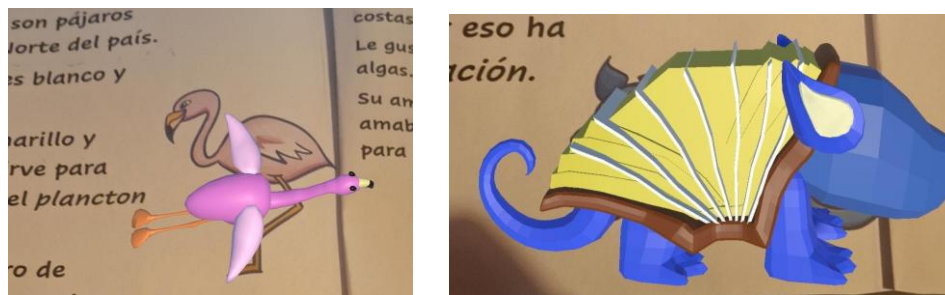


Figura 9: Modelos 3D sobre markers 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9 se muestra cómo aparecen modelos 3D sobre sus *markers* correspondientes.



Figura 10: Modelo 3D sobre marker detallado.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 10 se prueba una imagen más detallada como *marker*, la cual no presenta problemas al ser reconocida por la aplicación. Este entendimiento de los alcances de la detección de imágenes se utiliza en el diseño del libro y sus actividades.

3.2.1 Múltiples objetos RA interactivables

Se colocó un *script* que permitiera la aparición de múltiples elementos *prefab* si se detecta más de un *marker* en la cámara, estos se instancian en la escena según corresponde. Cada uno de estos *prefab* puede contener *GameObjects* que podrán interactuarse utilizando los *raycast* de Unity para detectar si fueron tocados, estos funcionan proyectando una línea invisible en una dirección específica, permitiendo así detectar si se toca un objeto.

Los *markers* que podrán ser detectados se colocaron en una “*Reference image library*”, aquí se encontrará el set de imágenes que el subsistema de seguimiento de imágenes de Unity se encargará de buscar.

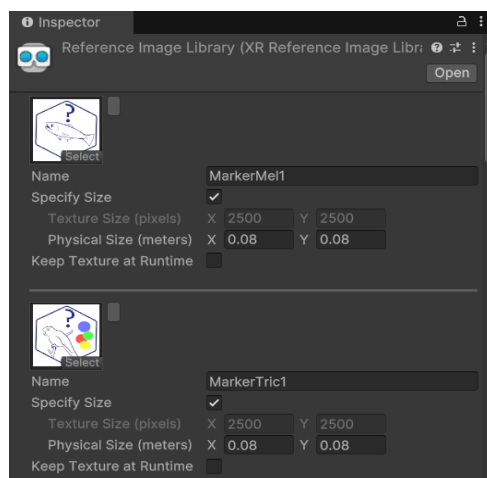


Figura 11: *Reference Image Library*. Fuente: Elaboración propia.

Diseño y desarrollo de prototipo de libro físico interactivo con integración de realidad aumentada que complemente aplicación de comprensión lectora. Caso: ARmadillo

Luego de colocar el set de *markers* se crea un *GameObject* contiene un archivo de código con referencias a los *prefabs* a instanciar.

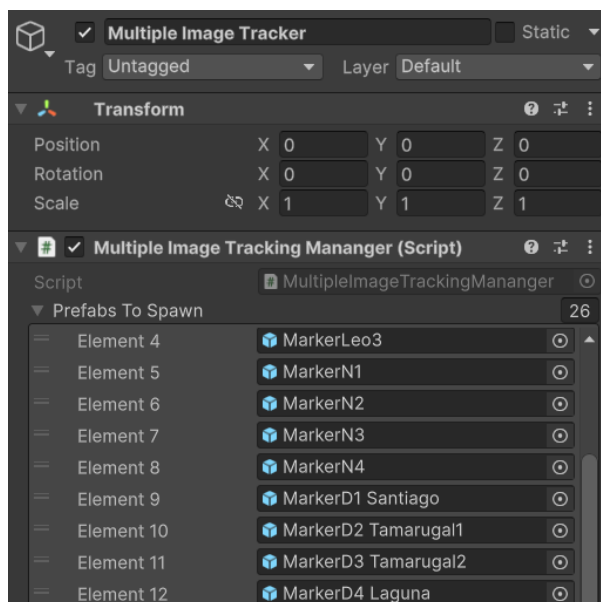


Figura 12: *Multiple image tracker* en inspector.
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Diseño e implementación

En conjunto con la profesora Carolina, quién ayudó a crear los ejercicios para la aplicación ARmadillo, se diseñaron 4 ideas de actividades.

Este prototipo se planeó para ser utilizado en casas o en colegios de una forma más autónoma que la aplicación ARmadillo ya que a diferencia de esta los ejercicios se encuentran hechos en el libro junto a sus soluciones y el niño puede realizarlos por su cuenta, junto a su apoderado o en la sala de clase, recibiendo inmediatamente una indicación si la actividad fue realizada correctamente o no.

El libro se distribuirá como se presenta en la figura 13: Una plana con el cuento a la izquierda y otra con el ejercicio sobre este en la derecha.

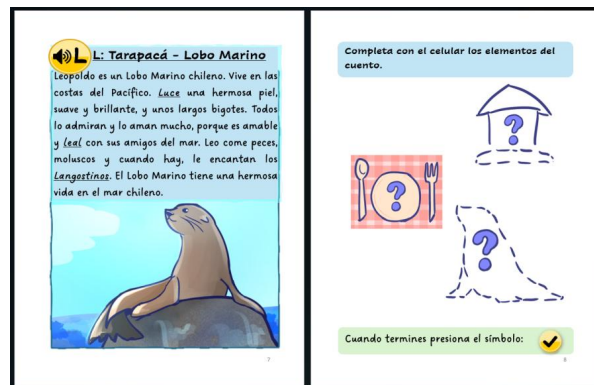


Figura 13: Cuento en plana izquierda, actividad en la derecha.
Fuente: Elaboración propia.

Abarcará las letras M, L, P, L, S, T, N y D; definidas por la profesora como las primeras que un niño debería estudiar.

Las actividades contenidas en este prototipo serán: Dibujo, Recreación de escena, ordenamiento de sucesos y Búsqueda en ilustración. La distribución de las letras en las actividades será:

- Dibujo: M, T
- Recreación de escena: L, P
- Ordenamiento de sucesos: N, S
- Búsqueda en ilustración: D

En la aplicación se utilizaron colores mayoritariamente azules claros y amarillos; el azul se menciona en el marco conceptual como la mejor decisión de colores en UI para niños (Amin y Shidujaman, 2023) y coincide con los colores característicos de la aplicación original Armadillo. También se utilizaron botones con símbolos en la mayoría de la aplicación para facilitar la interacción de niños con esta.

El libro físico empieza con una página explicativa sobre cómo utilizar el libro, mencionando qué se puede detectar, cómo ver tu avance y un índice de los textos.

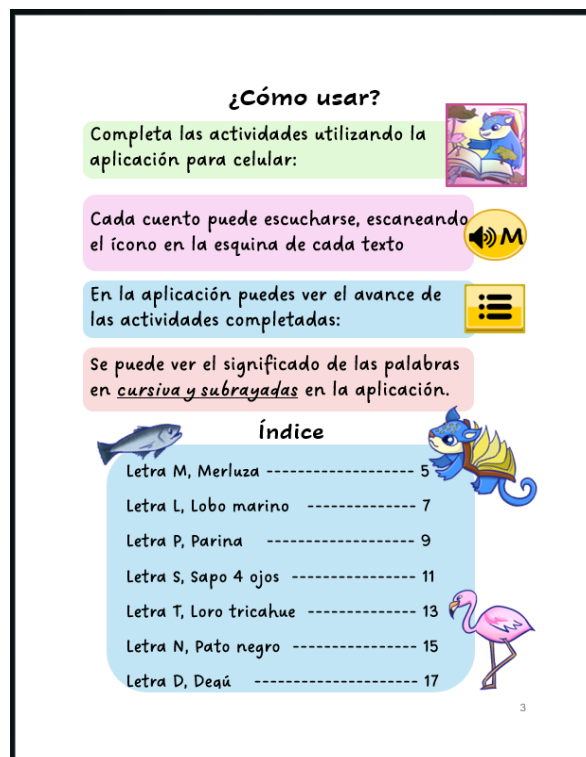


Figura 14: Página explicativa del libro.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Dibujo

Para esta actividad, luego de leer el cuento, el niño deberá dibujar en el libro alguna escena o personaje del texto y tras escanear un ícono con el celular podrá ver la respuesta correcta, presentándose esta secuencialmente hasta completar el dibujo/escena correcta.

Este ejercicio sirve a modo de introducción al escaneo de *markers* con el celular antes de progresar a actividades que requieran más interacción mediante el celular para completar actividades más lúdicas, además de aprovechar la materialidad del libro para la su realización y promover la creatividad del niño para solucionar lo pedido.

Al poseer un carácter subjetivo el niño o el adulto a cargo pueden verificar si la respuesta está o no correcta.

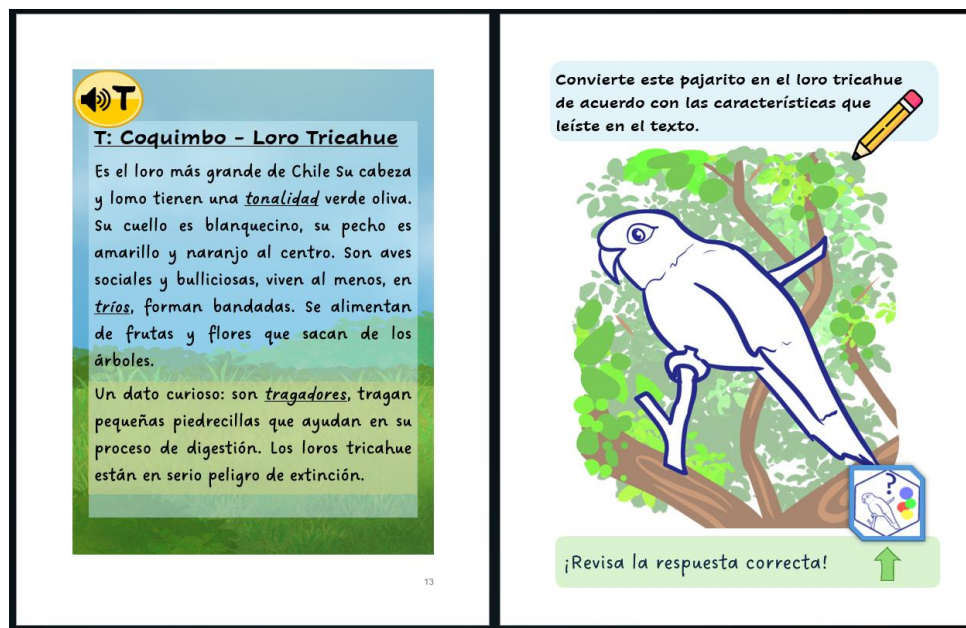


Figura 15: Actividad de dibujo letra T. Fuente: Elaboración propia.



Figura 16: Actividad de dibujo letra M. Fuente: Elaboración propia.

Para su implementación se creó un UI de solución que aparece cuando la aplicación identifica el ícono correspondiente. A diferencia de los demás objetos en realidad aumentada se decidió que este panel debería mantenerse en pantalla hasta ser cerrado con un botón, para que el niño no debiese mantener el celular apuntando al ícono mientras revisaba su respuesta.



Figura 17: Pantallazos actividad letra T en App. Fuente: Elaboración propia.

A los *GameObject* de tipo UI que debiesen mantenerse en pantalla aún cuando su *marker* ya no está detectado se les colocó el tag “*canvasStay*”. En la función *UpdateTrackedImages* que procesa cuándo los *markers* se añaden, actualizan o remueven de la vista de la cámara, se agregó una verificación de que si el *GameObject* es de tipo “*canvasStay*” no se eliminará. Este tipo de interfaz estático también se utiliza en algunas de las demás actividades.

```
//Si no se detecta nada
if (trackedImage.trackingState is TrackingState.Limited or TrackingState.None)
{
    //Si el objeto no es de tipo "canvasStay", canvas que se tienen que quedar aunque no se vea el marker
    //entonces se desactiva
    if(!Trackedimg.gameObject.CompareTag("canvasStay"))
    { Trackedimg.gameObject.SetActive(false); }
```

Figura 18: Extracto script *MultipleImageTrackingManager*. Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Recrear escena en RA

Acá se presentará en la hoja dibujos incompletos, por ejemplo, un plato vacío y el niño deberá elegir entre los objetos en AR para cada dibujo incompleto y presionar el botón de confirmación cuando crea que está completo.



Figura 19: Actividad de recrear escena letra P. Fuente: Elaboración propia.

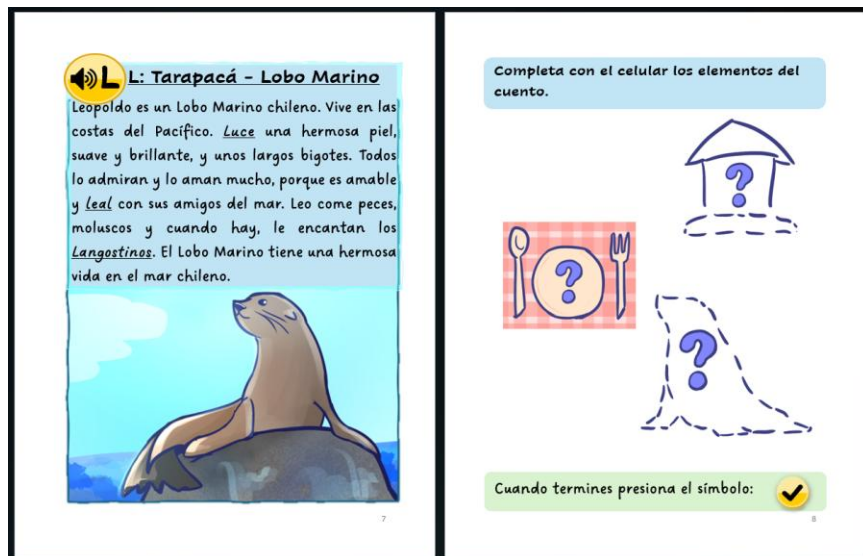


Figura 20: Actividad de recrear escena letra L. Fuente: Elaboración propia.

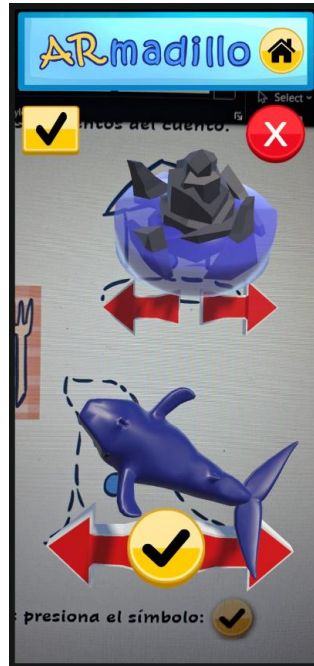


Figura 21: Pantallazo a actividad letra L de recrear escena.
Fuente: Elaboración propia.

En este caso el UI de confirmación aparece y se mantiene mientras esté en la mira al menos un objeto que posea un tag correspondiente a esta actividad, así se permite que no tengan que estar todas las partes de la escena en la mira y brinda más libertad de movimiento para elegir cada parte de la escena.

Cada *prefab* asociado a un *marker* contiene dos flechas, y un *GameObject* que contiene distintas opciones para elegir. Cuando se apreta una flecha se llama a un *script* llamado *AnswerChecker* que actualiza las opciones elegidas mediante una función.

```
Transform optionsParent = Trackedimg.gameObject.transform.Find("Options to choose");  
  
foreach (Transform child in optionsParent)  
{  
    if (child.gameObject.activeSelf)  
    {  
        opt3L = child.name;  
    }  
}  
  
AnswerChecker.UpdateAnsL(opt1L, opt2L, opt3L);
```

Figura 22: Extracto script *MultipleImageTrackingManager*. Fuente: Elaboración propia.

En ese mismo *script* está la función *CheckAnsL()* que se encarga de comparar la elección con las respuestas correctas, las cuales se colocan en el inspector en una lista. La actividad se considera correcta cuando todas las opciones están correctamente colocadas.

```
[SerializeField] List<string> CorrectAnsL = new List<string>();

[SerializeField] GameObject CorrectL;
[SerializeField] GameObject InCorrectL;

string AnsChosenL1;
string AnsChosenL2;
string AnsChosenL3;
1 reference
public void UpdateAnsL(string Ans1, string Ans2, string Ans3)
{
    AnsChosenL1 = Ans1; ;
    AnsChosenL2 = Ans2;
    AnsChosenL3 = Ans3;
}

0 references
public void CheckAnsL()
{
    if (AnsChosenL1 == CorrectAnsL[0] && AnsChosenL2 == CorrectAnsL[1] && AnsChosenL3 == CorrectAnsL[2])
    {
        CorrectL.SetActive(true);
    }
    else
    {
        InCorrectL.SetActive(true);
    }
}
}
```

Figura 23: Extracto script *AnswerChecker*. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Ordenamiento de sucesos

Esta actividad fue implementada en la aplicación Armadillo y al momento de probarla en una sala fue visible que los niños tenían problemas para encontrar una superficie plana que la aplicación pudiera detectar de forma consistente para ordenar los modelos de las escenas, por esto se decidió implementarla nuevamente en este libro con una mecánica diferente.

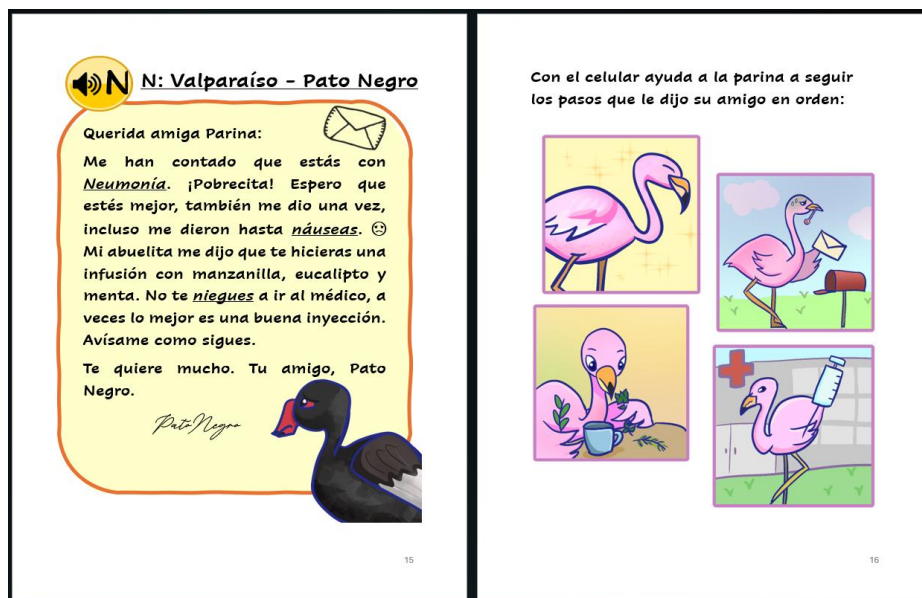


Figura 24: Actividad de ordenamiento letra N. Fuente: Elaboración propia.



Figura 25: Actividad de ordenamiento letra S. Fuente: Elaboración propia.

Al escanear con la cámara del celular imágenes desordenadas del cuento se presenta una lista vacía con cuadrados, por cada escena se muestra un texto breve descriptivo y al apretar el botón de *check*, la escena se coloca en la lista. En la esquina superior derecha de la lista hay un botón para reiniciar el ordenamiento y otro para cerrar la lista, este último es necesario ya que la lista de ordenamiento se queda fija en la pantalla al ser UI de tipo *canvasStay*.



Figura 26: Pantallazos actividad de ordenamiento letra N. Fuente: Elaboración propia.

Al presionar el botón para seleccionar una escena se llama a una función que coloca la foto y añade el nombre seleccionado a una lista, cuando se rellenan todas las imágenes, se llama a una función que verifica si estas están correctas.

```
public void PutPicture()
{
    Debug.Log(MultipleImageTrackingManager.nameN);
    nombreARObj = MultipleImageTrackingManager.nameN;
    text.text = nombreARObj;

    Image hijoPanel = orderManager.transform.GetChild(imagenesColocadas).GetComponent<Image>();

    if (nombreARObj == "MarkerN1" && !AlreadySelected.Contains(nombreARObj))
    {
        hijoPanel.sprite = ParinaCarta;
        SelectedAnsN.Add("MarkerN1");
        AlreadySelected.Add("MarkerN1");
        imagenesColocadas++;
    }

    else if (nombreARObj == "MarkerN2" && !AlreadySelected.Contains(nombreARObj))
    {
        hijoPanel.sprite = ParinaInyeccion;
        SelectedAnsN.Add("MarkerN2");
        AlreadySelected.Add("MarkerN2");
        imagenesColocadas++;
    }

    else if (nombreARObj == "MarkerN3" && !AlreadySelected.Contains(nombreARObj))
    {
        hijoPanel.sprite = ParinaInyeccion;
        SelectedAnsN.Add("MarkerN3");
        AlreadySelected.Add("MarkerN3");
        imagenesColocadas++;
    }

    else if (nombreARObj == "MarkerN4" && !AlreadySelected.Contains(nombreARObj))
    {
        hijoPanel.sprite = ParinaSaludable;
        SelectedAnsN.Add("MarkerN4");
        AlreadySelected.Add("MarkerN4");
        imagenesColocadas++;
    }

    if (imagenesColocadas >= 3)
    {
        AnswerChecker.CheckAnsN();
        imagenesColocadas = 0;
    }
}
```

Figura 27: Extracto script OrderManager. Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Búsqueda de respuesta en ilustración

Esta actividad se encuentra junto a un texto que especifica dónde se puede encontrar el animal, en este caso el Degú. En la actividad el niño debe escanear el mapa, en cada lugar se ve un modelo 3D y al tocar la ubicación se muestra si había o no un Degú, si había uno se agrega un modelo 3D del Degú al edificio correspondiente, sino, se coloca una equis en este. Al encontrar todos se da por finalizada la actividad.

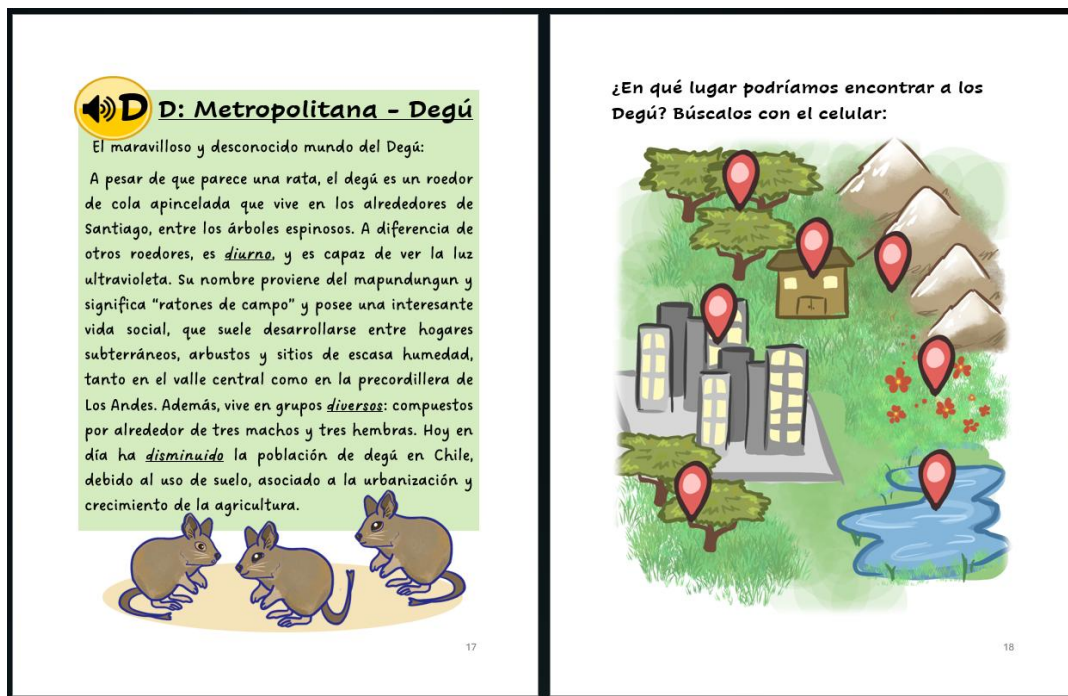


Figura 28: Actividad de búsqueda en ilustración de letra D. Fuente: Elaboración propia.



Figura 29: Pantallazos de actividad de búsqueda, letra D. Fuente: Elaboración propia.

Cada vez que se seleccione un Degú se llama al *script SelectedInSearch*, el cual revisa si el *GameObject* del lugar corresponde a uno de los lugares donde vive el animal, si es así y si no ha sido seleccionado previamente se suma a la cantidad de Degú encontrados, cuando se encuentran todos se llama al *script AnswerChecker* que actualizará el estado de la actividad a “completa”.

```
void Touched()
{
    panel.SetActive(true);
    Degu.SetActive(true);
    if (transform.parent.gameObject.name == "MarkerD1 Santiago" && !AlreadySelected.Contains("MarkerD1"))
    {
        AlreadySelected.Add("MarkerD1");
        selectedNum++;
    }
    if (transform.parent.gameObject.name == "MarkerD2 Tamarugal1" && !AlreadySelected.Contains("MarkerD2"))
    {
        AlreadySelected.Add("MarkerD2");
        selectedNum++;
    }
    if (transform.parent.gameObject.name == "MarkerD2 Tamarugal2" && !AlreadySelected.Contains("MarkerD3"))
    {
        AlreadySelected.Add("MarkerD3");
        selectedNum++;
    }
    if (transform.parent.gameObject.name == "MarkerD5 Precordillera" && !AlreadySelected.Contains("MarkerD5"))
    {
        AlreadySelected.Add("MarkerD5");
        selectedNum++;
    }
    if (selectedNum >= 4)
    {
        allSelected();
    }
}

1 reference
void allSelected()
{
    GameObject AnswerChecker = GameObject.Find("AnswerChecker");
    AnswerChecker.GetComponent<AnswerChecker>().CheckAnsD();
}
```

Figura 30: Extracto del *script SelectedInSearch*. Fuente: Elaboración propia.

3.3.5 Menú principal

Al iniciar la aplicación se encuentra un menú principal que nos lleva a las actividades. En estas hay una UI general que siempre se mantiene en pantalla, esta contiene el título “ARmadillo”, un botón para ir al menú inicial y un botón para revisar si las actividades han sido completadas o no.



Figura 31: Pantallazos interfaz aplicación. Fuente: Elaboración propia

3.4 Revisión

La pantalla de revisión de las actividades está conectada con el *GameObject* “AnswerChecker” tiene un *script* del mismo nombre que es llamado al completar cada actividad, su función es revisar si está correcta y actualizar el texto de avance en la pantalla de revisión.

AnswerChecke posee listas de variables para algunas actividades, donde se colocan las respuestas correctas, se decidió dejar estas como variables de tipo *Serialized field* para mayor orden y facilidad para editarlas, ya que esta etiqueta permite que variables privadas sean visibles y editables directamente desde el editor visual.

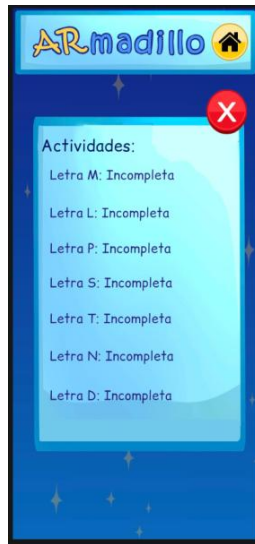


Figura 32: Ejemplo interfaz revisión de completitud actividades. Fuente: Elaboración propia.

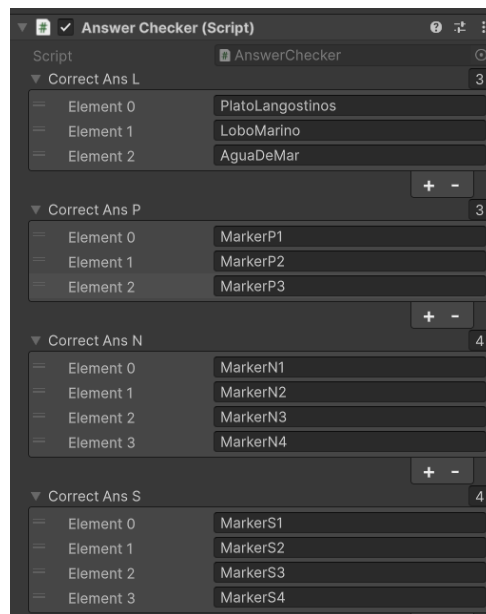


Figura 33: Respuestas correctas colocadas en inspector de Unity. Fuente: Elaboración propia.

3.5 Definiciones

Para ayudar al vocabulario de los niños, algunas palabras están en cursiva y subrayadas, esto significa que, al apuntarlas con el celular, se mostrará su definición en pantalla.

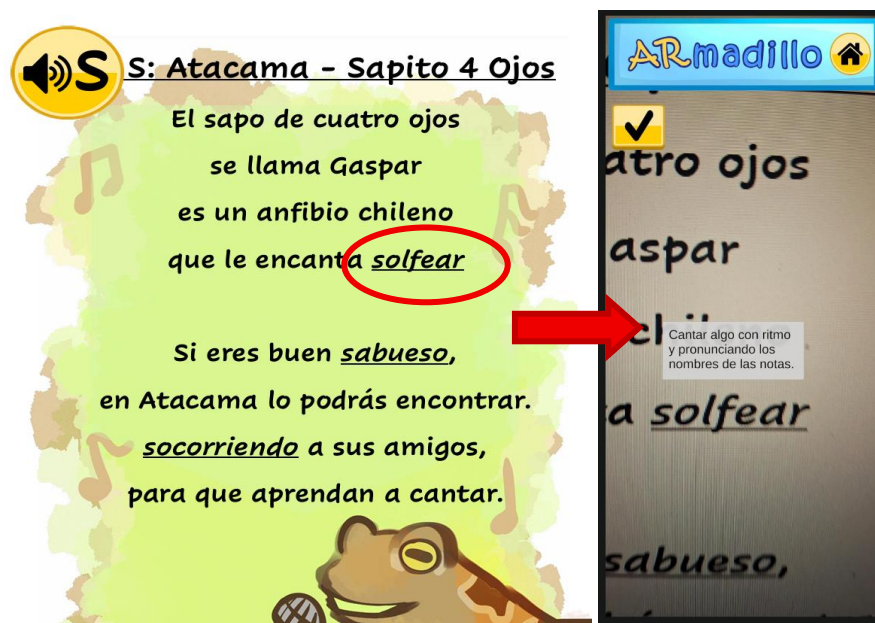


Figura 34: Funcionamiento de definiciones en aplicación. Fuente: Elaboración propia.

Para mostrar la definición se necesita un *marker* de esta, para poder detectarla; la palabra se distingue por estar subrayada y en cursiva, sin embargo, Unity tuvo problemas al intentar utilizar *markers* con dimensiones rectangulares, por lo que se utilizaron unos con dimensiones cuadradas.

Además, podía ocurrir que dos palabras estuvieran demasiado juntas, se intentó elegir *markers* que contuvieran la menor cantidad de superposición posible, por ejemplo, como muestra la figura algunas palabras no quedaron centradas dentro del *marker*, otras están vistas más de cerca para o más lejos para evitar choques en la detección.

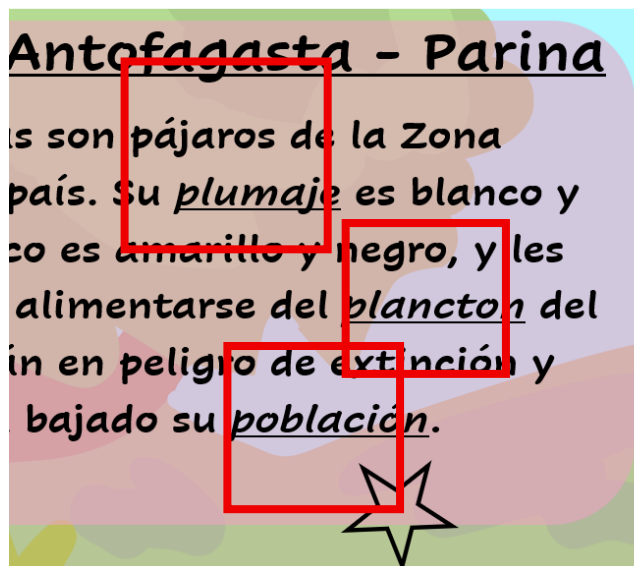


Figura 35: Ejemplo elección de markers de definiciones en texto letra P.
Fuente: Elaboración propia.

3.6 Audio

En la esquina superior de cada texto se encuentra un ícono que permite al niño escuchar un audio del cuento, esto para ayudar a los niños que tengan problemas para leer.

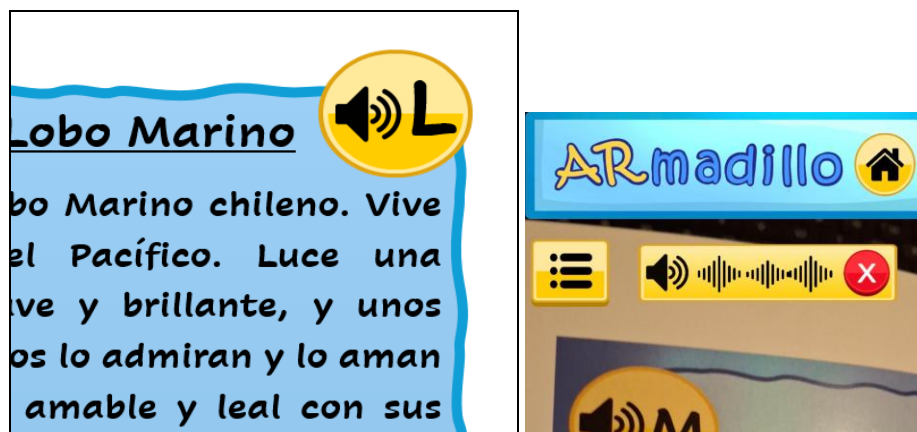


Figura 36: Funcionamiento de audio en cuentos. Fuente: Elaboración propia.

Los *GameObjects* de audio poseen una fuente de audio que se activa al ser instanciados y el botón para cerrar permite apagar el audio.

CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En la primera sección se realizan pruebas unitarias de funcionamiento de reconocimiento de los *markers* y de las actividades. Luego se muestra una entrevista cualitativa con una profesora para conocer su perspectiva del trabajo realizado, abarcando tanto el libro como la aplicación.

Finalmente se realiza un testeo con una usuaria objetivo para analizar su experiencia con el libro y la aplicación, puesto que, a diferencia de los adultos, los niños experimentan de forma diferente, poseen distintos gustos, disgustos, curiosidades y necesidades (Banker y Lauff, 2022), que no se pueden entender probando solamente con expertos y adultos.

4.1 Pruebas del software

4.1.1 Pruebas reconocimiento de *markers*

En la construcción de la aplicación una de las dificultades fue el reconocimiento de los *markers*, como se describió previamente si estos no poseían un puntaje suficiente en la evaluación interna de Unity, estos no funcionaban y el error impedía que el proyecto se compilara, sin embargo, aun cuando estos poseían un puntaje lo suficientemente alto para ser catalogados como válidos estos podían fallar.

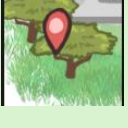
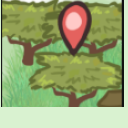
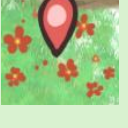
Al terminar la aplicación se realizó una prueba con todos los *markers* y actividades colocadas en la aplicación, se realizó el testeo de detección en 3 formatos diferentes: apuntando al archivo pdf en el computador, escaneando libro impreso en papel couché y escaneando en libro impreso en papel opalina, los tres tuvieron los mismos resultados.

En las tablas 1 se observa que todos los *markers* principales necesarios para la realización de las actividades son identificados correctamente y cumplen con el comportamiento esperado:

Tabla 1: Pruebas detección de markers de actividad.
Fuente: Elaboración propia

Marker	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido
	Marker de actividad de dibujo, merluza.	Aparece panel con respuesta correcta.	Cumple correctamente.
	Marker de actividad de dibujo, loro trichahue.	Aparece panel con respuesta correcta.	Cumple correctamente.

	Marker para completar animal en actividad recrear escena, lobo marino.	Aparece modelo de animal con flechas para cambiar a otros modelos.	Cumple correctamente.
	Marker para completar hábitat en actividad recrear escena, lobo marino.	Aparece modelo de animal con flechas para cambiar a otros modelos.	Cumple correctamente.
	Marker para completar alimento en actividad recrear escena, lobo marino.	Aparece modelo de animal con flechas para cambiar a otros modelos.	Cumple correctamente.
	Marker para completar animal en actividad recrear escena, parina.	Aparece modelo de animal con flechas para cambiar a otros modelos.	Cumple correctamente.
	Marker para completar hábitat en actividad recrear escena, parina.	Aparece modelo de animal con flechas para cambiar a otros modelos.	Cumple correctamente.
	Marker para completar plumaje en actividad recrear escena, parina.	Aparece modelo de animal con flechas para cambiar a otros modelos.	Cumple correctamente.
	Marker de actividad ordenamiento, "El sapo se llama Gaspar"	Aparece botón para seleccionar, texto con descripción de escena y barra con las escenas seleccionadas.	Cumple correctamente.
	Marker de actividad ordenamiento, "A Gaspar le gusta cantar"	Aparece botón para seleccionar, texto con descripción de escena y barra con las escenas seleccionadas.	Cumple correctamente.
	Marker de actividad ordenamiento, "Gaspar vive en Atacama"	Aparece botón para seleccionar, texto con descripción de escena y barra con las escenas seleccionadas.	Cumple correctamente.

	<i>Marker</i> de actividad ordenamiento, "Gaspar canta con sus amigos"	Aparece botón para seleccionar, texto con descripción de escena y barra con las escenas seleccionadas.	Cumple correctamente.
	<i>Marker</i> de actividad ordenamiento, "Parina recibe una carta"	Aparece botón para seleccionar, texto con descripción de escena y barra con las escenas seleccionadas.	Cumple correctamente.
	<i>Marker</i> de actividad ordenamiento, "Parina hace una infusión"	Aparece botón para seleccionar, texto con descripción de escena y barra con las escenas seleccionadas.	Cumple correctamente.
	<i>Marker</i> de actividad ordenamiento, "Parina recibe una inyección"	Aparece botón para seleccionar, texto con descripción de escena y barra con las escenas seleccionadas.	Cumple correctamente.
	<i>Marker</i> de actividad ordenamiento, "Parina está saludable"	Aparece botón para seleccionar, texto con descripción de escena y barra con las escenas seleccionadas.	Cumple correctamente.
	<i>Marker</i> de actividad búsqueda de ilustración, "árboles 1"	Aparece modelo 3D de árboles.	Cumple correctamente.
	<i>Marker</i> de actividad búsqueda de ilustración, "árboles 2"	Aparece modelo 3D de árboles.	Cumple correctamente.
	<i>Marker</i> de actividad búsqueda de ilustración, "Santiago"	Aparece modelo 3D de ciudad.	Cumple correctamente.
	<i>Marker</i> de actividad búsqueda de ilustración, "campo de flores"	Aparece modelo 3D de campo de flores.	Cumple correctamente.

	Marker de actividad búsqueda de ilustración, "laguna"	Aparece modelo 3D de laguna.	Cumple correctamente.
	Marker de actividad búsqueda de ilustración, "precordillera"	Aparece modelo 3D de cordillera.	Cumple correctamente.
	Marker de actividad búsqueda de ilustración, "casa"	Aparece modelo 3D de casa.	Cumple correctamente.

Luego se realizan pruebas para los *markers* de audio en la tabla 2. Podemos notar que pese a pasar la evaluación de reconocimiento de Unity, se presentan problemas al intentar detectarlos, siendo el problema más común que se detecte más de un audio al mismo tiempo. Al tener diseños similares con pequeñas variaciones lo más probable es que el sistema de detección crea que está viendo más de una letra haciendo que sus eventos respectivos se activen.

Tabla 2: Pruebas detección de markers de audio.
Fuente: Elaboración propia.

Marker	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido
	Marker de audio, cuento de Merluza.	Empieza audio de cuento letra M con su respectiva UI.	Cumple correctamente.
	Marker de audio, cuento de Lobo marino.	Empieza audio de cuento letra L con su respectiva UI.	Cumple correctamente.
	Marker de audio, cuento de Parina.	Empieza audio de cuento letra P con su respectiva UI.	Cumple correctamente.
	Marker de audio, cuento de Sapo 4 ojos.	Empieza audio de cuento letra S con su respectiva UI.	Suenan múltiples audios al mismo tiempo junto a sus UI correspondientes.
	Marker de audio, cuento de Loro Tricahue.	Empieza audio de cuento letra T con su respectiva UI.	Empieza audio de cuento letra M con su respectiva UI.

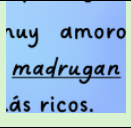
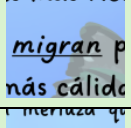
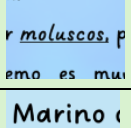
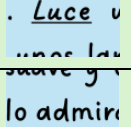
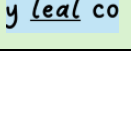
	Marker de audio, cuento de Pato negro.	Empieza audio de cuento letra N con su respectiva UI.	Cumple correctamente.
	Marker de audio, cuento de Degú.	Empieza audio de cuento letra D con su respectiva UI.	Suenan múltiples audios al mismo tiempo junto a sus UI correspondientes.

Por último, se revisan los *markers* de definición. En estos casos la mayoría cumplió correctamente, los casos en los que no se logra detectar la palabra, en “tríos” y “tragadores” puede deberse al espacio vacío, espacio solamente con colores y no palabras que provean distinción clara para detectar.

Ocasionalmente se activan dos paneles de definición de palabras cercanas, ya que la cámara abarca todo el espacio de la pantalla del celular, haciendo que se identifique más de un *marker*, sin embargo, esto no impide la lectura correcta de las definiciones.

Detectar un *marker* puede tomar un tiempo, pero una vez detectado se puede mover el celular o apuntar solo parte del *marker* y el *GameObject* asociado a este se mantendrá activado.

Tabla 3: Pruebas detección de markers de definiciones.
Fuente: Elaboración propia.

Marker	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido
	Marker de definición “madrugan”.	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
	Marker de definición “migran”.	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
	Marker de definición “moluscos”.	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
	Marker de definición “luce”.	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
	Marker de definición “leal”.	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.

moluscos <u>Langostino</u> vida en el	Marker de definición "langostinos".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
magaste pájaros de su plumaje	Marker de definición "plumaje".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
negro, y plancton extinción	Marker de definición "plancton".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
pro de extin población	Marker de definición "población".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
chileno solfeare	Marker de definición "solfeare".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
sabueso, de los que	Marker de definición "sabueso".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
seres de atacama lo socorriendo	Marker de definición "socorriendo".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
- Loro n de de Chil tonalidad	Marker de definición "tonalidad".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
amarillo sociales tríos, f	Marker de definición "tríos".	Muestra panel con texto de su definición.	No se detecta.
tragadores que dunda	Marker de definición "tragadores".	Muestra panel con texto de su definición.	No se detecta.
Espero dio una v náuseas.	Marker de definición "náuseas".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
le dijo qu manzan niegues	Marker de definición "niegues".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
Querida an Me han Neumonía. potes me lo	Marker de definición "neumonía".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.

da que vi s árboles s <i>diurno</i> ,	Marker de definición "diurno".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
de escasa n la preco s <i>diversos</i> : c	Marker de definición "diversos".	Muestra panel con texto de su definición.	Cumple correctamente.
s. Además, v dedor de tr <i>disminuido</i> el uso de su	Marker de definición "disminuido".	Muestra panel con texto de su definición.	No se detecta.

4.1.2 Pruebas de funcionamiento

Se realizan pruebas para confirmar que las funciones principales de la aplicación cumplen como es esperado en todas las actividades menos la de dibujo, al constar esta solamente de un panel para revisar la respuesta.

Las pruebas funcionan correctamente en su totalidad como se puede ver en las tablas 4, 5 y 6, sin embargo, se encontraron detalles menores que pese a no afectar la funcionalidad pueden generar confusión.

En la realización de las pruebas se nota que al apretar el botón de "*check*" o de cerrar en alguno de los paneles y un modelo 3D interactuable se encuentra debajo, se apretan ambos en lugar de funcionar solo el botón perteneciente a la UI, este error se notó en la actividad de recrear escena y en la de búsqueda en la ilustración.

Tabla 4: Pruebas para actividad de recrear escena. Fuente: Elaboración propia.

Actividad	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido
Letra M	Seleccionar distintos modelos 3D en las opciones de alimento, animal y hábitat.	Se cambian correctamente los modelos 3D.	Cumple correctamente.
	Elegir un modelo incorrecto.	Aparece panel indicando que algunos elementos están incorrectos.	Cumple correctamente.
	Elegir todos los modelos incorrectos.	Aparece panel indicando que algunos elementos están incorrectos.	Cumple correctamente.

	Elegir todos los modelos correctamente.	Aparece panel indicando que respuesta está correcta.	Cumple correctamente.
	Presionar el botón para revisar resultado sin modificar ningún modelo.	Aparece panel indicando que algunos elementos están incorrectos.	Cumple correctamente.
Letra P	Seleccionar distintos modelos 3D en las opciones de alimento, animal y hábitat.	Se cambian correctamente los modelos 3D.	Cumple correctamente.
	Elegir un modelo incorrecto.	Aparece panel indicando que algunos elementos están incorrectos.	Cumple correctamente.
	Elegir todos los modelos incorrectos.	Aparece panel indicando que algunos elementos están incorrectos.	Cumple correctamente.
	Elegir los modelos correctamente.	Aparece panel indicando que respuesta está correcta.	Cumple correctamente.
	Presionar el botón para revisar resultado sin modificar ningún modelo.	Aparece panel indicando que algunos elementos están incorrectos.	Cumple correctamente.

Tabla 5: Pruebas para actividad de ordenamiento de sucesos. Fuente: Elaboración propia.

Actividad	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido
S	Ordenar correctamente sucesos.	Aparece panel indicando que se completó correctamente la actividad.	Cumple correctamente.
	Ordenar sucesos incorrectamente.	Aparece panel indicando que algunos elementos están en orden incorrecto.	Cumple correctamente.
	Reiniciar orden sin haber elegido sucesos.	No ocurre nada.	Cumple correctamente.
	Reiniciar orden habiendo elegido sucesos.	Se reinician los sucesos elegidos haciendo que se deseleccionen.	Cumple correctamente.

N	Ordenar correctamente sucesos.	Aparece panel indicando que se completó correctamente la actividad.	Cumple correctamente.
	Ordenar incorrectamente sucesos.	Aparece panel indicando que algunos elementos están en orden incorrecto.	Cumple correctamente.
	Reiniciar orden sin haber elegido sucesos.	No ocurre nada.	Cumple correctamente.
	Reiniciar orden habiendo elegido sucesos.	Se reinician los sucesos elegidos haciendo que se deseleccionen.	Cumple correctamente.

Tabla 6: Pruebas para actividad de recrear escena. Fuente: Elaboración propia.

Actividad	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido
D	Seleccionar todos los lugares con Degú.	En cada uno aparece un panel indicando que se encontró un Degú y el lugar en el que se encontró.	Cumple correctamente.
	Seleccionar todos los lugares.	Si el lugar posee un Degú	Cumple correctamente.

4.2 Entrevista semi estructurada con profesional

Para la validación se utiliza una entrevista semiestructurada, estas presentan un mayor grado mayor de flexibilidad que las estructuradas. Empiezan de preguntas planeadas que se ajustan a los entrevistados reduciendo formalismos y permiten que estos expresen sus puntos de vista de forma más abierta que un cuestionario.

Esta entrevista se preparará con las fases y recomendaciones mencionadas por Díaz-Bravo et al. (Díaz-Bravo et al., 2013), el propósito de la entrevista se basó en los siguientes objetivos principales:

Las categorías:

- Retroalimentación sobre actividades.
- Retroalimentación sobre diseño del libro y aplicación.
- Aspectos negativos o a mejorar.

También como tema transversal entre estos está el conocer su perspectiva como profesora sobre complementos digitales para educación.

Se preparan preguntas guía en caso de ser necesarias para ahondar en cada uno de estos temas y estas se preguntan en caso de ser necesarias.

Tabla 7: Datos de entrevista con profesora. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	Carolina Pérez
Ocupación	Profesora básica de Colegio Víctor Domingo Silva
Fecha de entrevista	26 de junio, 2026
Lugar	<i>Google meets</i>

Se presentan las actividades siendo realizadas con la aplicación a través de videos, después de cada uno se pregunta a la profesora si desea comentar algo o seguir a la siguiente actividad, la reunión prosigue y los comentarios se dan al final:

Retroalimentación sobre actividades implementadas:

- Menciona que las habilidades que se trabajan en la aplicación y el libro son las que ella trabaja en sus ejercicios, actividades relacionadas a: “¿Qué era?”, “¿Dónde estaba?”, actividades de secuenciación, describir, ubicar, buscar palabras.
- Dice que sus pruebas son parecidas a las actividades del libro, que estas son evaluables, relacionadas con los objetivos que ella enseña.

“¿Crees que aporta tener la aplicación trabajando en conjunto con el libro a diferencia de solo la aplicación como era Armadillo?”

- A diferencia de la aplicación tener el libro implica resolver de forma más pausada y ordenada.
- Las actividades solamente en la aplicación pueden realizarse por ensayo y error hasta que este correcto, mientras que al interactuar con un libro físico este motiva a revisarlo.

Retroalimentación sobre diseño del libro:

- La profesora encuentra la fuente utilizada para las letras, amigable, siendo esta una imprenta estilizada.
- Los colores utilizados en paneles e ilustraciones son suaves y sutiles. Carolina, menciona que a veces se intenta colocar únicamente colores llamativos y muy saturados creyendo que estos llamarán la atención de los niños, sin embargo, al utilizar colores suaves es menos sobre estimulante y puede tener un efecto calmante en los niños.

Retroalimentación negativa o aspectos para mejorar:

La profesora reafirma su opinión positiva sobre la aplicación y el libro, se le pregunta:

“¿Hay algo que te hubiese gustado que fuera diferente en la aplicación o el libro?”

- Los primeros cuentos eran demasiado cortos, la profesora opina que el cambio entre cuentos como el de las letras T y D son mucho más completos que los primeros del libro.

“¿Hay otras actividades que te hubiese gustado que estuvieran?”

- Le hubiese gustado que se explorara más la elaboración propia en los estudiantes, por ejemplo, escribir, la profesora destaca que la escritura y lectura involucran más habilidades cognitivas que el simplemente escuchar o hablar, al tener esta ortografía, puntuación, saber escribir las palabras en vez de solo decirlas, estar en contacto con el papel.
- La actividad de dibujar de acuerdo con lo dicho en el texto es de “elaboración de los estudiantes” aunque sería bueno que se investigara cómo implementar ejercicios de escritura en el libro o aplicación. También podría pedirse en el dibujo que contenga ciertos elementos del cuento.
- Otras actividades mencionadas que podrían llevarse a cabo en versiones futuras son: encontrar diferencias entre animales, destacar en el texto, elegir palabras del texto e inventar un nuevo cuento con ellas.

“¿Crees que la dificultad de las actividades está bien?”

- Le parece apropiada la dificultad de las actividades.
- Hay actividades, por ejemplo, la de secuenciación (ordenamiento) de sucesos se realiza desde los cursos más pequeños a los más grandes, siendo una de las habilidades que se refuerzan constantemente variando su dificultad.
- La dificultad es apropiada, el audio en los cuentos ayudaría a guiar a niños más pequeños, mientras que con niños mayores puede entregarse el libro y la aplicación para que se realicen de forma autónoma.

4.3 Prueba con público objetivo

Para probar la implementación con un usuario objetivo se realizó una prueba de usabilidad, guiándole a través de las actividades como ocurriría en un aula de clases o con un tutor. El usuario objetivo fue una niña de 6 años. Se probó una actividad de cada tipo inicialmente, luego de desarrollarlas la niña quiso seguir completando el libro, terminando todas las actividades.

Se realizó el testeo con recomendaciones mencionadas por Banker y Lauff. Para elegir el área en la que se llevaría a cabo el testeo se consideró que fuese un lugar que le

acomodara y que fuera familiar para la niña, estando en un lugar de confianza le sería más fácil comunicarse y expresar sus pensamientos. También se realizó el testeo con un enfoque en observación pasiva, observando como la niña interactúa con la aplicación y el libro sin realizarle preguntas mientras completaba actividades y guardándolas para el final para conocer su opinión general, este tipo de observación es encontrado en la literatura para edades de 4 a 7 (Banker y Lauff, 2022).

El testeo se realizó en el domicilio de la niña con su tía presente en la habitación, se hizo sentadas en una alfombra con el libro en una mesa de centro, la niña sentada a un lado de la mesa y el entrevistador en el lado consiguiente, ambas cerca de la esquina, permitiendo ver la pantalla del celular, pero intentando ejercer menor presión que sentada al lado o viendo desde detrás. Al terminar cada actividad se le quitó el celular para seguir con la lectura sin distracciones.

A continuación, se relatará la experiencia y las observaciones realizadas por cada actividad:

Recrear escena:

Descripción de la experiencia:

Se le explicó que cada cuento tenía una actividad que se realizaba con la aplicación del celular. Se empezó con la actividad del Lobo marino, la niña leyó el cuento y luego se le entregó el celular, al inicio tuvo problemas para apuntar a los *markers*.

Cuando apareció un modelo en pantalla junto a sus flechas para seleccionar la cámara estaba demasiado cerca del *marker*, causando que el modelo se viera “atravesado” por esta, se le indicó que debía alejarse un poco y logró ver bien el modelo.



Figura 37: Modelo 3D visto de cerca y lejos. Fuente: Elaboración propia.

Ella eligió el elemento correcto y apretó el botón para revisar la actividad, no entendió por qué no decía que estaba correcto y hubo que explicarle que tenían que estar todos los elementos correctos para que se completara.

Al revisar los otros *markers* modelos 3D, estos aparecieron superpuestos. Puede haberse debido a que el libro estaba apoyado en una mesa y por ende el celular veía las ilustraciones con un ángulo, este error no se notó al realizar pruebas previamente. Se cerró la aplicación y se volvió a prender, esta vez se identificaron bien los *markers* y se completó correctamente la actividad.

Observaciones:

- Hubiese sido más intuitivo que en el panel te informara qué modelos están bien colocados, en lugar de solo decirte que “Algunos elementos están incorrectos”. También podría quitarse la posibilidad de cambiarlos si ya estaban correctos.
- Hizo falta dentro de la UI general un botón para reiniciar el espacio de realidad aumentada (*arSession.Reset()*), esto permite reiniciar la información de rastreo y podría servir en caso de problemas de detección de *markers* y aparición de modelos 3D.
- La niña dijo que le había resultado divertida la actividad, cuando se le preguntó si le habían molestado las fallas ella mantuvo una actitud positiva hacia la aplicación.

- En las demás actividades no hubo que indicar que tenía que alejarse o acercarse de los modelos ni *markers*, ella se ajustó por su propia cuenta apuntando a estos como fuera conveniente.

Ordenar sucesos:

Descripción de la experiencia:

Se le dio una breve explicación de la actividad, diciéndole que tendría que ordenar los sucesos según el orden en que se mencionaban en el cuento del Sapo de 4 ojos. Luego de leerlo la niña entendió intuitivamente que tenía que seleccionar con el botón y que aparecían en la barra inferior los sucesos seleccionados.

Tuvo problemas para completarla al confundir los sucesos “a Gaspar le gusta cantar” y “Gaspar le enseña a cantar a sus amigos”, haciendo que luego de equivocarse dos veces intentara elegir más aleatoriamente sucesos esperando tenerlos corrector. Al ver esto se le reafirmó que lo había hecho “casi perfecto” y se le preguntó si quería ayuda. Se leyó el texto nuevamente en conjunto y cuando se mencionaba cada suceso la niña lo marcaba en el celular, mostrándose satisfecha de haberlo completado.

Observaciones:

- La niña prefiere equivocarse e intentar nuevamente en lugar de apretar el botón para reiniciar los sucesos ordenados.
- Pese a las fallas no se notó frustración por parte de la niña.
- No se observan problemas con la detección de *markers* ni con el entendimiento de la interfaz de la actividad.

Dibujo:

Descripción de la experiencia:

Se le explica que en el texto se dirán los colores del loro y se le entregan múltiples lápices de colores. Primero la niña lee completamente el texto, luego, a la hora de pintar relee las secciones con especificaciones, preguntando hasta donde llegaban las partes del cuerpo mencionadas como el lomo o el cuello y pintando minuciosamente.

Para revisar su respuesta intuitivamente intentó escanear el dibujo pintado con el celular, en lugar del símbolo correspondiente, pero al indicarle lo escaneó y revisó la actividad, le alegró que su dibujo se pareciera al de referencia.

Observaciones:

- A diferencia de la actividad anterior, al no tener el celular en sus manos durante la resolución, la niña se toma su tiempo para releer el texto buscando la información necesaria.
- Le parecía más intuitivo apuntar al dibujo que pintó para revisar si estaba correcto, en lugar de apuntar al símbolo en la esquina.

Búsqueda en ilustración:

Descripción de la experiencia:

La niña se emocionó al ver el mapa, emocionada por hacer la actividad, se le explicó que en el texto se mencionarían lugares donde vive el animal Degú y después con el celular se buscaría dónde estaban.

Luego de leer ella ve los modelos de las ubicaciones, se le dice que hay que apretar uno y así aparecerá si estaba o no ahí, la niña aprieta los árboles y encuentra uno, cree que terminó la actividad, se le dice que hay más. Cuando se encuentra un Degú su modelo aparece en el modelo 3D, por lo que al no ver más Degú en los demás modelos ella cree que no hay más, se le repite que se tiene que apretar la ubicación para ver si hay un Degú y la niña logra completar la actividad.

Observaciones:

- Falta aclaración de que debían tocarse los modelos del lugar para ver si estos tenían al Degú.
- Sería bueno en la UI un indicador de cuántos Degú falta por encontrar.
- A diferencia de las actividades anteriores esta actividad muestra un panel indicando que se encontró un Degú cada vez que se encuentra uno y no solo al encontrarlos todos como en las demás que solo daban retroalimentación positiva al tener todo bueno, esto pudo haber dado la predisposición a la niña de creer que era solo uno.
- La niña le presta atención a las expresiones que tienen los dibujos de Degú en el cuento.

Terminando las actividades:

Descripción de la experiencia:

Al ver las demás hojas del libro la niña comenta que en la letra N el pato negro se ve triste, se le cuenta que es porque se enfermó su amiga la parina y la niña indica “me gustaría hacer esta actividad”, esta es de ordenamiento y la completa correctamente al primer intento.

En el libro la niña nota que la parina tiene su propia actividad y esto le sorprende, dice que “se ve más adulta que en el otro” y también la realiza, esta es de recrear la escena. Al inicio la niña asume que también tiene que encontrar la comida de la parina, por lo que se le indica que no, que el símbolo es diferente al plato de comida que tenía el lobo marino. La niña entiende y completa correctamente la actividad, solo con un pequeño problema para detectar uno de los *markers* debido a la iluminación.

Finalmente se realiza la última actividad de dibujo sin problemas. Al ver la solución la niña nota que le faltó dibujar hojas que representaran otoño y las agrega a su dibujo.

Observaciones:

- Todas las actividades de un mismo tipo, por ejemplo, de recrear la escena, deberían necesitar los mismos elementos o todos distintos, esto sería más intuitivo ya que al estar solo uno de ellos diferente en las dos actividades la niña no lo notó a primera vista.
- Se nota una mayor atención al ver personajes recurrentes en las actividades.
- Se puede ver mayor interés en cuentos con dibujos que demuestran emociones distintas a la alegría, provocándole curiosidad a la niña.
- Al ser la segunda vez realizando actividades de estos tipos la niña las completa con mayor facilidad, sin volver a cometer errores relacionados al funcionamiento de botones, cuándo apretarlos o como encontrar los modelos con el celular.
- La niña se ve más confiada y relajada.
- Se necesita buena iluminación para la detección óptima de los *markers*.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

5.1 Resultados

El desarrollo de este trabajo nos permitió demostrar que es posible diseñar una variedad de actividades de comprensión lectora que funcionen en conjunto con un libro por medio del uso de *markers* detectados en Unity y realidad aumentada. Todos los diseños propuestos fueron implementados satisfactoriamente, las pruebas de software evidenciaron un correcto funcionamiento del sistema, alcanzando un 100 % de éxito en las pruebas funcionales y un 88,2 % en las pruebas de detección de *markers*, resultados que respaldan la viabilidad técnica de la solución propuesta.

La propuesta desarrollada constituye un recurso de apoyo para el trabajo de la comprensión lectora en estudiantes de primero y segundo básico ampliando el trabajo desarrollado previamente en la aplicación ARmadillo mediante la incorporación de un recurso físico complementario. Las actividades fueron diseñadas en conjunto con una docente de educación básica, asegurando su alineación con las habilidades trabajadas en el aula y aportando un componente lúdico e interactivo al aprendizaje. De esta manera, la herramienta puede servir como apoyo tanto para docentes y establecimientos educacionales como para los propios estudiantes.

Los resultados de la validación muestran una recepción favorable por parte de la usuaria perteneciente al público objetivo. Durante la interacción se observó un aumento progresivo en el interés por las actividades y una rápida adaptación al uso de la aplicación a medida que se completaba el libro, entendiendo cómo era necesario sostener el celular para apuntar a los *markers* y modelos 3D. Asimismo hubo curiosidad por los animales protagonistas de los cuentos, mostrando que las ilustraciones en las actividades y cuentos aumentan el interés en estos.

Las pruebas también permitieron identificar diferencias en el comportamiento lector según la forma de interacción con las actividades. En la aplicación original de ARmadillo, el cuento se muestra antes de la actividad, pero no hay forma de asegurarse que este sea leído antes de proceder a la actividad y una vez iniciada los niños no intentaban leer el cuento nuevamente, un comportamiento similar puede identificarse al probar el libro, en la actividad de dibujo donde no se utilizó el celular hasta el final la niña se dio el tiempo de volver a leer el cuento en busca de las respuestas, mientras que en la de ordenamiento estando en el celular intentó llegar a la respuesta sin releer el cuento por ensayo y error. Esta observación indica que el diseño de las actividades puede influir en la forma en que los estudiantes interactúan con la lectura, aspecto que podría considerarse en futuros desarrollos.

La propuesta presenta una estructura flexible que permite adaptar tanto el contenido del libro como las actividades implementadas. Es posible incorporar nuevos cuentos, modificar preguntas, reemplazar modelos 3D o diseñar ejercicios con distintos niveles de dificultad, facilitando su extensión a nuevos contextos educativos. Además, al desarrollarse en formato digital, la aplicación permite registrar automáticamente el progreso de los estudiantes, proporcionando información que puede facilitar el seguimiento de su desempeño por parte de los docentes.

5.2 Trabajo a futuro

5.2.1 Rediseño de UI

Como trabajo a futuro en nuevas versiones de la aplicación y el libro se identifica la necesidad de más elementos de UI. Se proponen propuestas de rediseño para futuras versiones de la aplicación:

En la UI general, un botón que permita reiniciar la cámara y el ambiente AR, en caso de tener problemas de detección de *markers* o posicionamiento de modelos 3D. También podría ser una buena adición una animación que indique la búsqueda de *markers* y el escaneo de estos para que el niño tenga una retroalimentación visual inicial que indique que se espera escanear para empezar una actividad.



Figura 38: Propuesta de rediseño UI general. Fuente: Elaboración propia.

El panel de avance podría tener una mejora visual incluyendo botones para ver las soluciones de las actividades completadas y uno para reiniciar la información de una actividad hecha para poder hacerla otra vez. Estos resultados también podrían mandarse a una plataforma accesible por los profesores como tiene ARmadillo, para poder acceder a los resultados de múltiples alumnos de forma centralizada y ordenada.



Figura 39: Propuesta de rediseño, panel de avance. Fuente: Elaboración propia.

En el testeo con la usuaria se distinguen como posibles mejoras la adición de más paneles de UI en la actividad de búsqueda en ilustración, mostrando cuántos Degú quedan por encontrar e indicando que se deben apretar los modelos de ambientes para saber si se encuentra o no el Degú.



Figura 40: Propuesta de rediseño, actividad búsqueda en ilustración. Fuente: Elaboración propia.

Otra actividad que necesita mejoras en UI es la de recrear la escena, indicando de forma visual los elementos que están correctos y cuáles no.



Figura 41: Propuesta de rediseño, recrear escena. Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Elementos extra

Otra área que podría tener más atención son los efectos de sonido, ya que el único audio implementado actualmente es al escanear el audio de los cuentos. Un efecto de sonido que suene junto a los paneles indicando que se resolvió correctamente la actividad, aumenta el refuerzo positivo y la claridad de que se completó. Sonidos al apretar botones también serían un detalle agradable.

Un aspecto que estuvo presente en la aplicación de ARmadillo, pero que no fue considerado en la aplicación es la narrativa continua a través de los niveles, esta trataba sobre el viaje del armadillo desde el norte hacia el sur del país en búsqueda de su hermano. Sería interesante agregar actividades y narrativas que ayuden de hilo conductor y con el armadillo de protagonista.

Se podrían agregar más actividades como las mencionadas en la entrevista con la profesora, que involucren elaboración y escritura por parte de los estudiantes.

5.2.3 Pruebas

Respecto de la evaluación, en ocasiones futuras sería bueno recopilar información realizando pruebas en un ambiente real de clases y con múltiples niños, esto permitiría observar la interacción de los niños con el libro y la aplicación en un entorno real, identificar dificultades comunes y contrastar los resultados obtenidos durante la validación inicial con un grupo más representativo de usuarios.

5.2.4 Arreglos a *markers*

También se deben arreglar los *markers* de audio, procurando que cada uno posea elementos visuales distintivos y evitando la repetición de símbolos. De igual manera, en las definiciones, podrían incorporarse imágenes en el fondo de las palabras cuando sea necesario, facilitando así su reconocimiento.

5.3 Recomendaciones

A partir del desarrollo de este trabajo se identificaron diversas recomendaciones que pueden facilitar la implementación y la extensión de proyectos similares en el futuro.

Se observó desde el punto de vista técnico que a medida que se agregaban más *markers* en la aplicación más complicaciones había para manejar el funcionamiento de estos. Se proponen dos recomendaciones para facilitar el sistema, la primera es descentralizar el manejo de *markers* en el código, creando más de un *script* que realicen funciones de

MultipleImageTrackingManager o más de una *Reference Image Library*. Otra manera es realizando el manejo por medio de múltiples escenas, cada una asociada con una actividad y con su *GameObject Multiple image tracker* que contenga los *prefabs* necesarios para la actividad.

Sobre los *markers* es recomendable evitar la superposición de estos en las áreas del libro y evitar el uso de *markers* muy similares, en caso de necesitar trabajar con *markers* similares podría ser necesario crear un propio sistema de identificación de imágenes independiente del de Unity, al ser una debilidad de este la detección en *markers* similares.

Con relación a la UI es necesario tener definido qué elementos de la interfaz deben ser estáticos en la pantalla y cuáles deben seguir al *marker* o aparecer solamente al apuntarlo para así modificar el código distinguiendo unos de otros según corresponda.

Sobre el contenido de los cuentos en el libro es recomendable la utilización de personajes recurrentes e ilustraciones expresivas, idealmente con una historia interconectada para fomentar la familiarización y empatía con estos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amin A., Shidujaman (Julio, 2023) M. *Improving HCI on Cognition for Children with Intelligent UI/UX*
https://www.researchgate.net/publication/372302754_Improving_HCI_on_Cognition_for_Children_with_Intelligent_UIUX

Agencia de calidad de la educación (5 de Diciembre, 2023). *Evaluación internacional de estudiantes tras la pandemia. Obtenido de* Agencia de calidad de la educación:
<https://s3.amazonaws.com/archivos.agenciaeducacion.cl/PISA+2022+Entrega+de+Resultados+final+final.pptx.pdf>

Ayoub A., Pahell A. (30 de Noviembre, 2023). *Digital vs. Physical class materials: What is better for students?* <https://thhsclassic.com/20273/science-and-technology/digital-vs-physical-class-materials-what-is-better-for-students/>

Banker, A., & Lauff, C. (2022, Junio). *Usability testing with children: History of best practices, comparison of methods & gaps in literature*. En *Design Research Society Conference 2022 (DRS2022): Bilbao*. DRS Digital Library.
<https://dl.designresearchsociety.org/cgi/viewcontent.cgi?article=3023&context=drs-conference-papers>

Campaña P. (Septiembre, 2021). "GAMIFICANDO EL SISTEMA DE PROGRESIÓN DE LOS JÓVENES GUÍAS Y SCOUT DE CHILE"

Centro de Estudios Mineduc. (Marzo, 2022). *Variación en la información estadística de los docentes de la educación en desempeño, año 2021* 2. Obtenido de Ministerio de la Educación: https://centroestudios.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/100/2022/03/APUNTES-22_2022_fd01.pdf

Centro de Estudios Mineduc. (2023). *Resumen Estadístico de la Educación Oficial 2023*. Obtenido de Ministerio de la Educación:
https://bibliotecadigital.mineduc.cl/bitstream/handle/20.500.12365/20072/APUNTES%2042_2024_fd02.pdf

Claro, S., Orellana, P., Valenzuela, J. P., & Fantoni, D. (2023). *Radiografía de la lectura en 2º básico: Resultados de evaluación muestral de la Región Metropolitana, 1er semestre 2023*.

Delgado P., Vargas C., Ackerman R., Salmerón L. (Noviembre, 2018). *Don't throw away your printed books: A meta analysis on the effects of reading media on reading comprehension*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X18300101?via%3Dihub>

Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (Septiembre, 2013). *La entrevista, recurso flexible y dinámico*.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009

Escuela de Gobierno UC. (16 de Enero, 2024). *El 60% de estudiantes de segundo básico están bajo los niveles de comprensión lectora esperados para su edad*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica de Chile: <https://gobierno.uc.cl/noticias/el-60-de-estudiantes-de-segundo-basico-estan-bajo-los-niveles-de-comprension-lectora-esperados-para-su-edad>

Gana, F. (24 de Octubre, 2022). *96% de los estudiantes de 1ero básico no conocen las letras del alfabeto*. Obtenido de Universidad de los Andes: <https://www.uandes.cl/noticias/96-de-los-estudiantes-de-1ero-basico-no-conocen-las-letras-del-alfabeto>

Garzón, J., Pavón, J. & Baldiris, S. (14 de Febrero, 2019) *Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings* <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-019-00379-9>

Gossen, T., Nitsche, M., & Nürnberger, A. (2012, agosto). *Search User Interface Design for Children: Challenges and Solutions*. En *Proceedings of euroHCIR 2012 Workshop*. <https://ceur-ws.org/Vol-909/poster7.pdf>

Grapsas T. (15 de Diciembre, 2019). *Conoce la realidad aumentada y las posibilidades de interacción que la hacen sobresalir en el mundo digital*. Obtenido de: <https://rockcontent.com/es/blog/realidad-aumentada/>

Letrapps (2026). *Recurso digital para monitoreo de dominio lector y Habilidades PreLectoras*. <https://letrapps.cl>

Núñez-Valdés, K., Medina-Pérez, J. C., & González-Campos, J. (2019). *Impacto de las habilidades de comprensión lectora en el aprendizaje escolar: Un estudio realizado en una comuna de la región metropolitana, Chile*.

OECD (10 de Diciembre, 2024) *Evaluación de Competencias de la Población Adulta 2023: Chile*. Obtenido de OECD: https://www.oecd.org/es/publications/evaluacion-de-competencias-de-la-poblacion-adulta-2023_f79f56e3-es/chile_dbf64059-es.html

Operto, F. F., Viggiano, A., Perfetto, A., Citro, G., Olivieri, M., Simone, V., Bonuccelli, A., Orsini, A., Aiello, S., Coppola, G., & Pastorino, G. M. G. (28 de Mayo, 2023). *Digital Devices Use and Fine Motor Skills in Children between 3-6 Years. Children between 3–6 Years*. <https://doi.org/10.3390/children10060960>

Unity (2022) Create a marker-based App <https://learn.unity.com/course/create-a-marker-based-ar-app?version=2022.3>

Tenecota, E. A., Vargas, G. L., & Toapanta, J. W. (2024). Recursos digitales para la enseñanza de la comprensión lectora en niños de educación básica media. *Revista*

Científica

Multidisciplinaria.

<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/13068/18865>

Zambrano-Álava, A. P., Lucas-Zambrano, M. de los Á., Luque-Alcívar, K. E., & Lucas-Zambrano, A. T. (2020). *La gamificación: herramientas innovadoras para promover el aprendizaje autorregulado* [Gamification: Innovative tools to promote self-regulated learning]. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(10), 217–238. <https://doi.org/10.35381/r.k.v5i10.736>

24 horas (26 de octubre, 2021). *Caracter Games: el software que mejora la comprensión lectora en colegios y escuelas de Chile* <https://www.24horas.cl/tendencias/ciencia-tecnologia/caracter-games-el-software-que-mejora-la-comprension-lectora-en-colegios-y-escuelas-de-chile--5033854>

Smith, C. B. (1989). *La enseñanza de la lecto-escritura: un enfoque interactivo*. <https://revistas.ucm.es/index.php/DIDA/article/view/DIDA9191110147A/20301>