



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**DESARROLLO DE APLICACIÓN INTERACTIVA PARA ENSEÑAR VOCABULARIO
EN INGLÉS A NIÑOS DESDE EDAD PREESCOLAR**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN

ROBERTO LUIS FELIPE VARGAS GUEVARA

**PROFESORES GUÍA:
NELSON ANTRANIG BALOIAN TATARYAN
JOSÉ ANTONIO PINO URTUBIA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
NANCY VIOLA HITSCHFELD KAHLER**

**SANTIAGO DE CHILE
JUNIO 2012**

Resumen

En esta tesis se presenta el diseño, desarrollo y resultados de validación de una aplicación iPad que permite a niños de los primeros años de enseñanza básica aprender vocabulario en inglés, a través de distintas alternativas de interacción.

La enseñanza de idiomas extranjeros es una parte fundamental de la educación. En particular, el aprendizaje de vocabulario es crítico para el progreso, ya que es la base de la puesta en práctica de las demás habilidades. Si se lleva a cabo en los primeros años de enseñanza (entre los cinco y siete años), una de las barreras que deben superar los niños es la motivación. El estudio de idiomas puede ser estresante y producir rechazo en algunos estudiantes. La tecnología surge como una forma de reducir esta aversión, debido, entre otros factores, a la posibilidad de presentar atractivos recursos multimedia, y formas de interacción novedosas que inviten a los niños a acceder al contenido.

La hipótesis es que, a través de la tecnología, es posible tanto facilitar como motivar el aprendizaje de vocabulario en inglés para los niños de primeros años de enseñanza básica.

La solución propuesta tiene dos objetivos globales. Por un lado, ayudar al aprendizaje de vocabulario, con una interfaz centrada en la asociación entre expresiones y significados, a través de gestos sobre la pantalla. Por otro lado, mantener el interés en el estudio y motivar a los alumnos que pueden sentirse excluidos, ofreciendo distintas formas de interacción.

Se implementó la solución como una aplicación iPad, que permite al usuario estudiar expresiones en inglés a través de distintas formas de interacción. Estas formas incluyen el uso de distintos gestos sobre la pantalla táctil (toque, arrastre, pellizco, pulsación múltiple) y la interpretación del movimiento del dispositivo en el espacio (mediante el acelerómetro incluido en el dispositivo).

Se realizó una actividad de validación de la aplicación, con niños de edades entre cinco y siete años. Los análisis realizados permiten observar que la aplicación es efectiva y motiva a los alumnos al aprendizaje. Se obtuvieron resultados positivos al medir la retención de expresiones, y se logró determinar el tipo de interacción que atrae más a los niños, que los motiva a utilizar la aplicación nuevamente. Además, se observó que el principal factor incidente en la preferencia de una u otra forma de interacción es la dificultad para realizar el gesto, y que existen grandes diferencias en la ejecución de gestos entre niños de distintas edades, y entre niños y adultos en general.

Agradecimientos

A mi familia, por apoyarme durante todo el proceso educativo, especialmente en esta última etapa y en los períodos más estresantes. Un agradecimiento especial para mis hermanas Geraldine y Gabriela, que me ayudaron a confeccionar el material para el proyecto y a realizar las actividades, y a mi mamá por ayudarme a no rendirme.

A mis amigos de la carrera, con quienes recorrí gran parte del camino y compartí momentos de alegría y también de agobio.

A mis colegas de trabajo, especialmente a Iris y Tana, que me dieron muy buenas ideas incluidas en el proyecto y me hicieron creer en él.

A los profesores de mi comisión, cuya orientación me permitió avanzar a un paso constante durante el desarrollo del proyecto. Gracias a la fe que tuvieron en mí como profesional me sentí apoyado y confiado en mis capacidades.

A Christof, por colaborar con su gran talento en las ilustraciones.

A la directora del Saint Charles College, Nina Borisova, y a la jefa de UTP del mismo establecimiento, Denisse Pino, por darme todas las facilidades para realizar las actividades con los niños.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Contexto general	1
1.2. Motivación	1
1.3. Problema a resolver	3
1.4. Objetivo general	3
1.5. Objetivos específicos	3
1.6. Contenidos	4
2. Revisión bibliográfica	6
2.1. Teorías del Desarrollo Cognitivo	6
2.1.1. Piaget	6
2.1.2. Vygotsky	10
2.1.3. Teorías de procesamiento de información	12
2.1.4. Teorías de dominio privilegiado	12
2.1.5. Conductismo.....	12
2.2. Teorías de la Inteligencia	13
2.2.1. Teorías psicométricas	13
2.2.2. Inteligencias Múltiples.....	13
2.2.3. Inteligencia Exitosa	15
2.3. Desarrollo perceptivo	15
2.3.1. Memoria.....	16
2.3.2. Representación simbólica	16
2.3.3. Resolución de problemas.....	17
2.4. Diseño didáctico multimedia	17
2.4.1. Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia	18
2.5. Trabajos similares	19
2.5.1. Word War.....	19
2.5.2. Intelligent Tutoring System	19
2.5.3. Libros electrónicos.....	19
3. Análisis de requerimientos	20
3.1. Restricciones	20
3.1.1. Texto	20
3.1.2. Interacción	20
3.1.3. Distribución espacial	20
3.2. Características de los usuarios	20
3.3. Opciones tecnológicas	21
4. Desarrollo de la solución	23
4.1. Descripción general de la aplicación	23
4.2. Arquitectura física	24
4.3. Arquitectura lógica	25
4.3.1. iOS frameworks	26

4.3.2. UI (Interfaz de Usuario)	27
4.3.3. Lógica	27
4.3.4. Datos.....	27
4.4. Diseño de clases	28
4.5. Testing.....	28
4.6. Modelo de datos	28
4.7. Archivos y recursos.....	29
4.7.1. Imágenes.....	29
4.7.2. Archivos de audio	30
4.7.3. Archivos de video	30
4.7.4. Plataforma de desarrollo	30
4.8. Dispositivo de prueba	30
5. Estructura de la aplicación	30
5.1. Objetivos.....	30
5.2. Escenas	31
5.2.1. Personajes	31
5.3. Modos	32
5.3.1. Estados de un objetivo.....	32
5.3.2. Estados de un personaje	33
5.3.3. Buscar	34
5.3.4. Encerrar.....	34
5.3.5. Volar	39
5.3.6. Saltar	40
5.4. Evaluación.....	41
5.4.1. Rango de movimiento	45
5.5. Premios.....	46
5.6. Estadísticas.....	47
5.6.1. Estadísticas por Modo	47
5.6.2. Estadísticas por Objetivo	47
6. Diseño de la interacción	47
6.1. Selección de gestos.....	47
6.2. Navegación	49
6.2.1. Jerarquía simplificada	49
6.2.2. Selector de escenas.....	50
6.2.3. Vistas emergentes.....	50
6.2.4. Retroceder	51
6.3. Imágenes.....	51
6.4. Diferenciación de funcionalidades.....	51
6.4.1. Animaciones	51
6.4.2. Globos de Texto	52
7. Resultados.....	53
7.1. Hipótesis a verificar	53

7.2. Experiencia realizada	54
7.3. Metodología	54
7.3.1. Pre-test.....	55
7.3.2. Interacción	55
7.3.3. Post-test	55
7.3.4. Encuesta	55
7.3.5. Estadísticas	55
7.4. Instrumentos	55
7.4.1. Test de vocabulario	55
7.4.2. Encuesta de experiencia.....	56
7.4.3. Estadísticas de la aplicación.....	57
7.5. Resultados obtenidos.....	57
7.5.1. Características de la muestra	57
7.5.2. Memorización de expresiones.....	57
7.5.3. Motivación para el aprendizaje	58
7.6. Análisis estadístico	58
7.6.1. Descripción de los datos.....	58
7.6.2. Género.....	61
7.6.3. Escena.....	61
7.6.4. Nivel.....	62
7.6.5. Modo	69
7.7. Resumen de observaciones	75
7.7.1. Gestos	75
7.7.2. Funcionalidad.....	76
7.7.3. Navegación.....	76
7.7.4. Modos.....	77
7.7.5. Recursos	78
7.8. Comprobación de hipótesis	78
8. Conclusiones	81
8.1. Trabajo futuro.....	82
8.1.1. Recursos	82
8.1.2. Extensión de arquitectura.....	83
8.1.3. Revisión de usabilidad.....	83
8.1.4. Tutoriales.....	83
8.1.5. Contexto	83
8.1.6. Estadísticas	83
Glosario	85
Referencias	86
ANEXOS	90
Anexo A: Diagramas	91
Anexo B: Instrumentos.....	96

Índice de tablas

Tabla 1: Descripción de las entidades del modelo de datos	28
Tabla 2: Gestos incluidos en la aplicación.....	48
Tabla 3: Gestos excluidos de la aplicación.....	49
Tabla 4: Distribución por género	57
Tabla 5: Distribución por nivel	57
Tabla 6: Descripción de datos para Test de vocabulario	59
Tabla 7: Descripción de datos para Encuesta de experiencia	59
Tabla 8: Descripción de datos para Estadísticas de la aplicación	59
Tabla 9: Descripción de datos para el tiempo.....	60

Índice de figuras

Figura 1: Escenas	23
Figura 2: Selección de personajes	23
Figura 3: Escena	24
Figura 4: Módulo de evaluación.....	24
Figura 5: Diagrama de arquitectura lógica.....	26
Figura 6: Objetivo sin presionar (a) y luego de ser presionado (b)	31
Figura 7: Diagrama de estado de Objetivo	32
Figura 8: Diagrama de estado de Personaje	33
Figura 9: Capas de fondo (a), contornos (b), trazo (c) y objetivos (d)	35
Figura 10: Polígono del contorno	36
Figura 11: Distancia mínima de tres puntos	37
Figura 12: Púas	37
Figura 13: Rectángulos envolventes.....	38
Figura 14: Caso descartado: púas al interior de un rectángulo envolvente	38
Figura 15: Caso descartado: polígono convexo, pero dentro de un solo triángulo.....	39
Figura 16: Ejes del dispositivo	39
Figura 17: Rotación y ejes	40
Figura 18: Movimiento del personaje del módulo de Evaluación	42
Figura 19: Movimiento del personaje del módulo de Evaluación	42
Figura 20: Vectores para calcular los factores de las transformaciones	43
Figura 21: Rango de movimiento del personaje.....	45
Figura 22: Imagen asociada al cuerpo del personaje	46
Figura 23: Recuperación del personaje	46
Figura 24: Navegación lineal	50
Figura 25: Globos de texto	52
Figura 26: Diagrama de clases - primera parte.....	91

Figura 27: Diagrama de clases - segunda parte	92
Figura 28: Diagrama de clases - tercera parte.....	93
Figura 29: Diagrama de clases - cuarta parte.....	94
Figura 30: Modelo de datos.....	95
Figura 31: Test de vocabulario para cada escena	96
Figura 32: Encuesta de experiencia	97

Índice de gráficos

Gráfico 1: Calificación de dificultad de movimiento	61
Gráfico 2: Cantidad de veces que se terminó el modo Encerrar	63
Gráfico 3: Persistencia del modo Encerrar	63
Gráfico 4: Cantidad de veces que se terminó el modo Saltar	64
Gráfico 5: Persistencia del modo Saltar	64
Gráfico 6: Persistencia del módulo de Evaluación	65
Gráfico 7: Cantidad de veces que los modos fueron completados (total).....	66
Gráfico 8: Cantidad de emparejamientos correctos en el modo Encerrar	67
Gráfico 9: Cantidad de emparejamientos correctos en el modo Saltar	67
Gráfico 10: Precisión en modo Saltar	68
Gráfico 11: Precisión (total)	69
Gráfico 12: Cantidad de veces que los modos fueron completados y visitados.....	70
Gráfico 13: Persistencia de modos.....	71
Gráfico 14: Cantidad de emparejamientos correctos e incorrectos.....	72
Gráfico 15: Precisión de modos	73
Gráfico 16: Preferencia de personajes: ¿Cuál fue el personaje que más te gustó?	74
Gráfico 17: Preferencia de personajes: ¿Cuál fue el personaje que menos te gustó? ..	75
Gráfico 18: Frecuencia por índice de retención	79

1.Introducción

1.1. Contexto general

La enseñanza de idiomas extranjeros es uno de los sectores de la educación que constantemente hace uso de las nuevas tecnologías para facilitar el proceso de aprendizaje. Gracias a la masificación del uso de computadores personales y el acceso a Internet, han surgido diversas aplicaciones y plataformas para apoyar el estudio de idiomas. Estos sistemas comprenden desde páginas web interactivas hasta grandes comunidades de usuarios de distintas nacionalidades que intercambian conocimientos [1].

Los avances descritos han provocado una fusión gradual entre educación y entretenimiento, creando un género educacional conocido comúnmente como “Edutainment” (educación con entretenimiento), que consiste en el desarrollo de ambientes de juegos educativos. Estos sistemas incluyen un gran conjunto de funcionalidades pedagógicas multimedia que combinan diversión y compromiso con el aprendizaje. Algunos ejemplos (especializados en la enseñanza de los idiomas), son: países virtuales que permiten la interacción entre estudiantes de distintas nacionalidades [1], asistentes para la creación de historias digitalmente (Digital Storytelling) [2], y “libros vivos” que toman como modelo los libros reales y agregan interactividad para enriquecer la experiencia [3].

Además, la evolución de las tecnologías de pantalla táctil (como iPhone y iPad de Apple, y Galaxy Tab de Samsung) durante los últimos años hace posible integrarlas en el proceso educativo [5]. Por otro lado, el carácter móvil de estas herramientas hace que puedan ser usadas en cualquier lugar y a cualquier hora. Por esto, implementar aplicaciones educativas en dispositivos móviles es una manera muy conveniente de complementar las actividades de la sala de clases [12].

En relación al aprendizaje de idiomas, es importante destacar que corresponde a una tarea en varios niveles, integrando elementos como palabras, sintaxis, pronunciación y cultura. Es por esto que el estudio de una lengua extranjera requiere que el estudiante haga un gran esfuerzo para asimilar todos estos elementos [14]. En particular, los primeros años del aprendizaje se enfocan fuertemente en el lenguaje a nivel léxico [13], por lo que el aprendizaje de vocabulario en las primeras etapas del aprendizaje se vuelve un factor crítico.

1.2. Motivación

Los dispositivos móviles se han convertido en un éxito en los últimos años. Sus componentes de hardware y software hacen posible el uso de nuevas formas de interacción, específicamente, pantallas táctiles y la interpretación de gestos [10]. Esto permite que grupos de usuarios no especializados en el manejo de los componentes

tradicionales (teclado, mouse, pantalla no táctil), particularmente, los niños pequeños, manejen con facilidad aplicaciones en estos dispositivos debido a que la interacción resulta muy intuitiva.

Además, enseñar idiomas a niños en edad preescolar o en los primeros años de educación básica resulta difícil si no se sienten motivados [11], ya que el aprendizaje requiere mantener un nivel constante de interés y trabajo [8]. Por lo tanto, una aplicación que los haga sentir cómodos y entretenidos, derribará esa potencial barrera y hará que el proceso de aprendizaje parezca un juego.

Por otro lado, el aprendizaje de vocabulario es un aspecto crítico en el estudio de cualquier idioma, ya que es necesario para aplicar los demás conocimientos y habilidades relacionadas (como el entendimiento del lenguaje hablado y la lectura [8]). Por esto, el uso de juegos para presentar y ejercitar vocabulario se convierte en un factor importante [9]. El uso de ilustraciones coloridas, sonidos, diagramación adecuada, animaciones, y otros elementos permite llamar la atención del alumno, teniendo en cuenta la forma en que aprende de acuerdo a sus diferencias individuales en relación a la interpretación del mundo (tomando como base la teoría de las Inteligencias Múltiples [4, 41]).

Sin embargo, normalmente se presta poca atención al problema de la adquisición de vocabulario de idiomas extranjeros. Muchos programas educativos hacen que el estudiante resuelva este problema como tarea por su cuenta, sin entregar instrucciones suficientes sobre técnicas efectivas de adquisición. Por esto, generalmente los alumnos se resignan a aprender por memorización explícita para preparar las clases. Es decir, aprenden el vocabulario a través de listas de palabras o cartas, sin un contexto lingüístico apropiado. Esta metodología es bastante ineficiente, y constituye un proceso tedioso [13].

En relación a la situación actual de Chile, los estudios estadísticos hacen evidentes los problemas en el aprendizaje del idioma inglés para los estudiantes. Según los resultados del SIMCE de Inglés aplicados a los alumnos de tercer año de enseñanza media en el año 2010 [33], el puntaje promedio nacional fue de 99 puntos en una escala de 20 a 180 puntos. Esto equivale aproximadamente a una calificación de un 62%. Según un estudio [34], la ansiedad de los estudiantes de idiomas extranjeros dificulta su aprendizaje, y uno de los factores causantes es la adquisición de vocabulario. Por esto, es interesante enfocarse en este aspecto, ya que podría disminuir esta ansiedad desde una edad temprana.

Adicionalmente, las nuevas políticas de educación apuntan a un continuo incremento en la cantidad de equipos tecnológicos con que cuentan los establecimientos educacionales de todo el país. Por lo tanto, se hace necesario aprovechar estos beneficios creando material para que puedan ser utilizados y signifiquen un aporte al proceso educativo.

Las soluciones tecnológicas que pueden ayudar a mejorar la motivación presentan complejidades en distintos niveles. Por un lado, la interpretación de gestos y la usabilidad de la aplicación a implementar son puntos críticos debido a la naturaleza de los usuarios, como lo muestran distintos estudios sobre la interacción entre niños de primaria y dispositivos táctiles [5, 6]. Por otro lado, la forma en que se guardan y despliegan los contenidos multimedia de naturaleza heterogénea constituyen un desafío importante, ya que se deben integrar simultáneamente muchos elementos de distinto formato, sin afectar el rendimiento.

1.3. Problema a resolver

En base a lo planteado anteriormente, el problema global a resolver es, por una parte, la motivación de niños en edad preescolar para aprender vocabulario en inglés, y por otra, la efectividad del método utilizado.

En particular, se observa lo siguiente:

- generalmente, las estrategias de enseñanza de vocabulario aplicadas no consideran la diversidad en los modos de aprender de los estudiantes, sino que se utiliza una metodología uniforme para todo el grupo
- las aplicaciones existentes en su mayoría requieren la supervisión permanente de alguien que sepa leer para navegar por sus secciones o interactuar, lo que excluye a niños que aún no saben leer

Para resolver a este problema, se propone una solución cuyos objetivos se detallan a continuación.

1.4. Objetivo general

Facilitar y motivar la adquisición de vocabulario en inglés (como idioma extranjero) a niños entre cinco y seis años mediante el uso de una aplicación interactiva.

1.5. Objetivos específicos

La aplicación debe:

- **Estar en correspondencia con los objetivos educativos de acuerdo al nivel del alumno:** para incluir la aplicación como una actividad complementaria a las clases, debe existir una relación directa con los objetivos definidos para ese nivel en los programas educativos.
- **Permitir que el usuario interactúe con la aplicación a través de gestos en una pantalla táctil:** la usabilidad es un tema crítico, por lo que se determinó una lista de gestos apropiados para la naturaleza del usuario en función de trabajos

similares (aplicaciones en dispositivos móviles dirigidas a niños) y pruebas con usuarios finales.

- **Permitir que el usuario interactúe de distintas maneras con el contenido:** los elementos deben ser representados por imágenes, sonidos y animaciones, y se deben ofrecer distintas maneras para interactuar con ellos, en base a gestos sobre la pantalla táctil.
- **Medir continuamente el progreso del aprendizaje:** cada conjunto de expresiones debe contar con una sección de evaluación, para determinar tanto el nivel de adquisición del usuario, como la dificultad de cada expresión.
- **Facilitar el aprendizaje de expresiones:** la aplicación debe permitir al alumno retener las expresiones entregadas para poder reconocer sus significados en diferentes escenarios.

1.6. Contenidos

1. Introducción: se presenta el contexto actual sobre las interrogantes relacionadas con el proyecto, las motivaciones para realizarlo y los objetivos que busca lograr.
2. Revisión bibliográfica: se incluye un marco teórico sobre investigaciones y teorías de distintas áreas (psicología, educación, tecnología) relacionadas con el proyecto, y trabajos similares.
3. Análisis de requerimientos: se definen las restricciones del proyecto, las características de los usuarios y se presenta un análisis sobre las opciones tecnológicas escogidas para implementarlo.
4. Desarrollo de la solución: se plantea el concepto global de la aplicación construida, y detalles sobre el hardware y software utilizado; además, se incluyen detalles relevantes sobre el desarrollo a nivel de programación y modelo de datos.
5. Estructura de la aplicación: se incluye una explicación detallada de los componentes de la aplicación, en particular de las estrategias diseñadas e implementadas para lograr los objetivos.
6. Diseño de la interacción: se presentan detalles sobre las decisiones tomadas a nivel de interacción de la aplicación, centradas en su usabilidad.
7. Resultados: se expone la metodología utilizada para evaluar la aplicación con usuarios, los resultados obtenidos y el análisis correspondiente.
8. Conclusiones: se presentan tendencias derivadas de los resultados obtenidos, los problemas enfrentados durante el desarrollo del proyecto, y el trabajo futuro en relación a la aplicación implementada.

Glosario: se incluyen los términos utilizados para definir el proyecto.

Referencias: se presentan las fuentes de información referidas en la definición del marco teórico, y en la fundamentación de decisiones sobre distintos aspectos del proyecto.

Anexos: se incluyen diagramas de clases y datos, y los instrumentos utilizados para evaluar la aplicación.

Revisión bibliográfica

Durante el último tiempo, la gran exposición de los niños a las tecnologías de la información los convierte en un grupo relevante de usuarios, con necesidades y capacidades particulares. Por eso, es necesario que productos de este tipo sean diseñados teniendo en consideración sus habilidades, intereses y nivel de desarrollo [15]. A continuación, se incluye una descripción de las principales teorías sobre el desarrollo cognitivo y la inteligencia, y cómo influye en el diseño de tecnología orientado a niños.

1.7. Teorías del Desarrollo Cognitivo

1.7.1. Piaget

Jean Piaget fue probablemente el experto con más influencia en el desarrollo infantil durante el siglo XX. Su trabajo relacionado con la educación de los niños tuvo y sigue teniendo relevancia tanto en la investigación sobre educación como en la psicología del desarrollo. Su visión sobre el aprendizaje infantil también ha influido en el campo de diseño de interacción para niños [15].

A continuación, se presentan tres aspectos del trabajo de Piaget: el proceso de *adaptación*, mediante el que los niños construyen el conocimiento; los factores que afectan su desarrollo; y las etapas de su desarrollo cognitivo. Más adelante, se indican aspectos relevantes sobre la enseñanza orientada a niños, y aspectos sociales desarrollados durante la infancia que inciden en las metodologías educativas.

Adaptación

Piaget pensaba que el desarrollo ocurre a través de un proceso de *adaptación*. Esta adaptación constituye un proceso activo en que los niños construyen las estructuras cognitivas mediante la experimentación e interacción con el mundo. La idea de que los niños construyen activamente su propio conocimiento a través de experiencias, en base a las estructuras cognitivas presentes en cada uno se conoce como *constructivismo* [15].

Seymour Papert extendió la noción de constructivismo planteada por Piaget, al concepto de *construccionismo* [23]. Según Papert, ambas ideas comparten la definición del aprendizaje como la construcción de estructuras de conocimiento. Sin embargo, el construccionismo afirma que el proceso se desarrolla mejor en contextos donde el estudiante está “conscientemente involucrado en la construcción de entidades públicas”. Sus ideas han afectado el desarrollo del diseño de interacción orientada a niños. Por ejemplo, se reflejan en el trabajo dedicado a ofrecer a los niños tecnologías que les permitan tener un rol activo, lo que les da la posibilidad de convertirse en autores o creadores, en lugar de simplemente explorar mundos y situaciones previamente construidas [15].

Además, plantea que la introducción de la tecnología en los métodos educativos debe superar el “primer impacto”, para que el cambio producido sea apreciable [23]. Es decir, si el uso de tecnología se reduce al cambio de herramientas dentro de la misma metodología, no se produce una innovación significativa. Esto sí se lograría, por ejemplo, si la presencia de computadores altera la naturaleza del proceso de aprendizaje, modificando el equilibrio entre la transferencia del conocimiento hacia los estudiantes, y la producción de conocimiento a cargo de ellos [23].

Por estas razones, Papert ve los computadores como herramientas que permiten conectar los intereses de los niños con temas que a veces no motivan su aprendizaje por diferentes razones, como la matemática [15]. Esto se fundamenta por su versatilidad y el extenso rango de contextos con que permiten trabajar para implementar el aprendizaje constructorista [23].

Factores que afectan el desarrollo

Piaget nombra cuatro factores principales que afectan el desarrollo: madurez, experiencia, aspectos sociales y emociones. Los cuatro tienen un impacto directo en el diseño de las tecnologías con niños como usuarios [15].

La madurez es uno de los principales factores que puede ser considerado en el diseño de aplicaciones tecnológicas orientadas a niños. La madurez física limita su capacidad de aprender y cómo logran hacerlo. El potencial para aprender aumenta a medida que crecen. Piaget proponía que la madurez, más que garantizar la ocurrencia del aprendizaje, limita lo que los niños pueden hacer [15]. Así, las habilidades cognitivas y motoras limitadas de los niños limitarán a su vez su habilidad para interactuar con tecnologías. Esta visión de la madurez debe considerar la influencia del entorno sociocultural del niño en el desarrollo de sus estructuras cognitivas [25].

Piaget consideraba la experiencia como un factor clave en la adaptación, imprescindible para construir estructuras de conocimiento [15]. Esto enfatiza la importancia de aprender sobre el mundo a través de la experimentación en lugar de recibir información sobre él simplemente. En este sentido, las tecnologías aparecen como un recurso interesante, ya que permiten entregar experiencias únicas o mejorarlas a través de ambientes virtuales y simulaciones [15]. Las ventajas proporcionadas por las herramientas tecnológicas incluyen el aprendizaje de distintos temas a través de bibliotecas digitales, y también la exploración de información y la generación de conclusiones a partir de la visualización interactiva de los datos. Además, los entornos en que se permite al niño convertirse en autor también pueden proveer experiencias valiosas en el sentido del constructorismo de Papert, entregándole a los niños la experiencia de construir objetos públicos que los apasionan, y así conectarse con “ideas poderosas” [15].

La importancia que Piaget le otorgaba a la interacción social en el desarrollo se relaciona con la posibilidad de pasar el conocimiento de una generación a la siguiente

[15]. Este conocimiento no consiste solo en información, sino también en estrategias. En los procesos educativos, esto se traduce en el aprendizaje por imitación (observando cómo el instructor piensa y completa una tarea) [15]. Aquí los computadores pueden colaborar creando conexiones entre los intereses y las ideas poderosas, tanto en los niños como en los adultos involucrados en su educación.

Piaget también destacó el rol de la motivación y las emociones en el desarrollo de los niños [15]. Planteó que sus motivaciones para aprender se deben en gran parte a su instinto por crecer, amar y ser amados, y hacerse valer. La motivación puede ser lograda haciendo que las actividades educativas sean relevantes para las vidas e intereses de los niños, como recomienda, entre otros, Vygotsky [28]. Papert, por su parte, distingue entre actividades relevantes para las vidas de los niños y aquellas que hacen manifiestas sus pasiones, y cree que estas últimas permiten motivar de mejor manera el aprendizaje [24]. Esta visión hace evidente la necesidad de proveer a los niños con oportunidades de aprendizaje que sean suficientemente flexibles y variadas, para ayudar a cada niño a encontrar algo que se relacione con sus intereses. Nuevamente, los computadores surgen como una herramienta especialmente positiva debido a la flexibilidad con que permiten ofrecer un conjunto variado de experiencias y oportunidades para el aprendizaje [15].

Un punto especialmente relevante que surge de la visión de Piaget sobre la motivación es proveer a los niños de tecnologías que incorporan el aprendizaje de manera entretenida. Los juegos son usados cada vez más como una herramienta para enseñar diferentes temas, y son muy populares en el sector de software comercial para aprender matemática, para niños de educación básica [15].

Etapas del desarrollo

La contribución más conocida y criticada de Piaget es su idea de las etapas del desarrollo. Pese a las críticas sobre el concepto de “etapas”, las descripciones de Piaget facilitan la identificación de las dificultades que los niños presentan en relación a distintos tipos de interacción con su entorno. Propuso que todos los niños pasan por una serie de etapas durante su desarrollo hasta concretizar un pensamiento lógico, analítico y científico. En cada etapa, los niños presentan comportamientos típicos, y existen límites para las operaciones mentales que pueden realizar. El orden de las etapas se mantiene constante para todos los niños, y ninguna puede ser saltada. Piaget propuso rangos de edad para cada etapa, pero reconoció que alcanzarán cada etapa a edades distintas, porque las viven a distintas velocidades [15].

Las etapas propuestas son cuatro: etapa sensorial-motora (0 a 2 años), etapa preoperacional (2 a 7 años), etapa de operaciones concretas (7 a 11 años), y etapa de operaciones formales (11 a 16 años) [15].

Los niños en la etapa preoperacional (2 a 7 años) son egocéntricos: ven el mundo solo desde su propia perspectiva, y les es complicado apreciarlo desde el punto de vista de

otros. Esto dificulta su inclusión en el diseño y desarrollo de tecnologías con un rol activo, y en el rol de usuarios, presentan desafíos específicos (por ejemplo, al momento de decidir la existencia de colaboración en la aplicación).

Los niños en la etapa de operaciones concretas (7 a 11 años) son más propensos a tomar en cuenta la perspectiva de alguien más, lo que permite que trabajen mejor en equipo y que puedan ser incluidos en el equipo de diseño en cierto nivel [15, 26, 27].

Un aspecto importante a considerar en relación a estas dos etapas es la diferencia entre la cantidad de elementos en que se pueden concentrar a la vez. Por un lado, los niños de la etapa preoperacional tienden a concentrarse solo en una característica de un objeto en cada momento. Esta limitación incluye la comprensión de jerarquías; por lo tanto, al diseñar la aplicación, se tuvo en cuenta que para este grupo, se prefirió evitar la navegación por jerarquías en las interfaces y se ofrecer alternativas apropiadas, como simplificarlas o reducir su profundidad. Por otro lado, los niños en la etapa siguiente (operaciones concretas) son capaces de entender jerarquías y acciones reversas, por lo que están capacitados para usar una mayor variedad de tecnologías y software.

Conceptos más abstractos como el uso de razonamiento deductivo y el análisis lógico de opciones tienden a aparecer más consistentemente en la etapa de operaciones formales (11 a 16 años) [15, 27].

Procedimientos educativos

Piaget plantea que los procedimientos educativos apropiados deben controlar su valor psicológico en al menos cuatro áreas: la significación de la infancia, la estructura del pensamiento del niño, las leyes del desarrollo, y el mecanismo de la vida social infantil [40]. Propone la implementación de una “educación activa”, en que el alumno quiere “hacer las cosas”, y no las hace simplemente por cumplir las órdenes de una autoridad, encarnada por el profesor.

Para lograr esto, es necesario tener en consideración las diferencias que existen en las estructuras del pensamiento y las operaciones psíquicas entre adultos y niños. Piaget plantea que el problema central de la educación es la siguiente interrogante: ¿tiene el niño la capacidad de realizar una actividad propia de la adultez, como es la investigación continua surgida de una necesidad espontánea?

Piaget propone que la inteligencia es la adaptación por excelencia, el equilibrio entre una asimilación continua de las cosas a la propia actividad y la acomodación de esos esquemas asimiladores a los objetos [40]. Debido a esto, en el plano de la inteligencia práctica, el niño comprende solamente los fenómenos (causalidad, relaciones espaciales, etc.) asimilándolos a través de su actividad motriz, pero simultáneamente acomoda estas estructuras a los detalles de hechos que forman parte de su experiencia previa. En relación al diseño de tecnología orientada a niños, esto implica que una

construcción cuidadosa de la interacción podría producir aplicaciones interesantes para ellos, si se toma en cuenta su motricidad.

Por esta razón, plantea que la inteligencia infantil no puede solo ser tratada por métodos pedagógicos de receptividad [40]. Al ser la inteligencia una adaptación e implicar una asimilación de las cosas, todo trabajo de la inteligencia se basa en el interés. El verdadero interés aparece cuando el yo se identifica con una idea u objeto, cuando encuentra en ellos un medio de expresión y se convierten en el alimento necesario para su actividad. Es por esto que la “escuela activa” propone que el esfuerzo del alumno nazca de él mismo y no le sea impuesto; y que su inteligencia trabaje realmente sin recibir los conocimientos ya preparados desde fuera.

Por otra parte, es importante notar que Piaget destaca el comportamiento egocéntrico de los niños en sus primeras etapas escolares [40]. Plantea que los pequeños presentan una conducta característica cuando son libres de trabajar individual o grupalmente. Pese a que les gusta estar juntos en grupos no muy grandes (dos o tres integrantes), en general no intentan coordinar sus esfuerzos; cada uno obra por su cuenta con o sin asimilación mutua.

Cita como ejemplo el juego colectivo de las canicas, y argumenta que para niños entre 5 y 6 años de edad, cada uno aplica las reglas según su conveniencia y todos ganan simultáneamente. Este comportamiento se repite en juegos simbólicos, y es por eso que se hace difícil implementar el trabajo grupal con niños pequeños. Además, indica que, dependiendo del medio, se observa en los niños pequeños una gran proporción de monólogos colectivos, donde cada uno habla sin realmente escuchar a los demás.

Esto se torna relevante al momento de diseñar software orientado a niños pequeños, ya que se debe, por ejemplo, decidir si la aplicación opera en forma individual o colaborativa. Para niños en edad preescolar, parece ser mejor crear aplicaciones de uso individual (aunque se puede incluir el apoyo de adultos).

1.7.2.Vygotsky

Lev Vygotsky fue un psicólogo ruso de comienzos del siglo XX, cuyo trabajo no fue reconocido masivamente hasta la década de 1970 [15]. Fue uno de los primeros investigadores en destacar la importancia de los aspectos sociales en la educación de los niños.

Vygotsky atribuye un rol importante al lenguaje en la organización de las actividades de los niños y su desarrollo. Argumenta que la inteligencia práctica y el uso de signos es esencial en los comportamientos humanos complejos, pese a que operan independientemente durante la infancia. Propone que el momento más significativo en el desarrollo intelectual ocurre cuando el habla y la habilidad práctica convergen, dando origen a manifestaciones de inteligencia práctica y abstracta. De esta manera, al incorporar el uso de signos y el habla en sus acciones, el niño las organiza de nuevas

formas. Esto se observa en la resolución de tareas prácticas por parte de los niños, con la ayuda del habla, ojos y manos. El lenguaje cobraría especial importancia en la medida que permite al niño planificar, reduciendo la espontaneidad de su comportamiento y la manipulación directa de las herramientas. Al convertirse en sujetos y objetos de su propio comportamiento con la ayuda del habla, pueden ejercer control sobre él [28].

Vygotsky enriquece la noción de discurso egocéntrico de Piaget, agregando que aumenta cuando la dificultad de una tarea a la que se enfrenta el niño se incrementa. A partir de esto, propone la hipótesis de que el discurso egocéntrico sería una transición entre el discurso externo y el interno [28].

En relación a la percepción, destaca la importante conexión que posee con el movimiento. Como ejemplo, alude al comportamiento de elección en los niños. Un adulto realiza una decisión preliminar internamente y luego realiza un movimiento para hacer efectiva la elección. En cambio, para un niño el proceso de selección está condicionado por los movimientos que realiza (toma la decisión al mismo tiempo que genera un movimiento de su cuerpo, como las manos). Vygotsky propone, en base a experiencias realizadas [28], que los sistemas de signos permiten reconstruir la estructura psicológica, poniendo el movimiento al servicio del proceso de selección, en base a los estímulos recibidos a través de la percepción.

De estas ideas, surgen conceptos citados a menudo en el diseño de interacción para niños, y también en el aprendizaje de ciencias. Uno de ellos es el *andamiaje* (scaffolding). Este se refiere a la ayuda que requiere un niño para completar una tarea antes de que sea capaz de completarla por sí mismo. Esta ayuda puede ser entregada tanto por los profesores o los padres, como por un agente tecnológico. Cuando un niño puede completar una tarea con andamiaje, pero no puede completarla por su cuenta, se encuentra en la *zona de desarrollo proximal*. Vygotsky postulaba que el buen aprendizaje ocurre cuando los niños están en esta zona, más que cuando se encuentran listos para completar tareas individualmente [15].

Existen dos niveles en que el contexto socio-cultural puede ser estudiado. Uno es la sociedad y la cultura a las que el niño pertenece. Los investigadores han indicado que en diferentes partes del mundo, los tipos de conocimiento y habilidades que se valoran son diferentes. Así, el desarrollo cognitivo siempre será apreciado dentro de un contexto sociocultural. El otro nivel en que se puede estudiar el contexto es el entorno inmediato del niño: cómo la familia y la escuela proveen oportunidades de aprendizaje y andamiaje. Diferentes valores provenientes de la familia y la escuela llevarán a los niños por diferentes rutas del desarrollo cognitivo [15].

Un ejemplo de un enfoque sociocultural más moderno es el *aprendizaje situado* (situated learning). Este enfoque considera que el aprendizaje ocurre en actividades donde los niños interactúan con el entorno, y también con adultos y otros niños [15]. No

se considera que el conocimiento pertenece solamente a los individuos, sino más bien que se encuentra distribuido entre ellos, y las herramientas, artefactos y otras personas en su ambiente. Las interacciones entre los individuos y su ambiente los transforman mutuamente. A partir de estas teorías han surgido métodos de instrucción donde el contexto se considera una parte integral del aprendizaje, más que simplemente una influencia en la cognición individual [15].

Un problema con el uso de computadores personales en la educación, es que han sido diseñados para el uso individual. Normalmente tienden a aislar a los niños y pueden convertirse en un obstáculo para la colaboración. El aumento en la cantidad de redes computacionales en escuelas y otros ambientes educativos ha facilitado la compartición y la colaboración. Sin embargo, todavía constituye un desafío, especialmente en el trabajo con niños pequeños [15].

1.7.3. Teorías de procesamiento de información

La principal preocupación de estas teorías es el entendimiento de los procesos involucrados en el desarrollo intelectual. Se modela la mente humana como un computador, un sistema que manipula información. De esta manera, los cambios en el hardware mental y en la información almacenada en la mente afectan el desempeño en las tareas cognitivas. Contrario a las etapas de Piaget, los niños escogen una estrategia dentro de un conjunto variado y no la siguen consistentemente. Sin embargo, con el tiempo se adaptan a la estrategia más exitosa, incluso si no lleva a mejorar el desempeño inmediatamente [18]. Esta variabilidad en el desempeño de los niños debe ser tomada en cuenta cuando se aplican experimentos y testing de usabilidad en este grupo etario.

1.7.4. Teorías de dominio privilegiado

Las teorías de dominio privilegiado consideran que la mente es específica en relación a los dominios, con estructuras especializadas interconectadas. Es decir, ciertas partes del cerebro se dedicarían más a cierto tipo de tareas, entregando evidencia de que tanto la madurez como la experiencia juegan un papel en el desarrollo [18].

Algunos teóricos proponen que los niños nacen con mecanismos de aprendizaje “configurados” para tareas cognitivas humanas particularmente importantes, como la adquisición de lenguaje, el reconocimiento de rostros, la percepción de objetos y la discriminación entre objetos vivos e inertes. Por lo tanto, reconocer las áreas donde es probable que los niños aprendan más rápidamente es importante, particularmente al diseñar tecnologías para niños pequeños [18].

1.7.5. Conductismo

El conductismo estudia el aprendizaje desde la perspectiva de la observación y la medición del comportamiento como respuesta ante estímulos. Trata el cerebro como una caja negra, ignorando lo que ocurre dentro. Aplicado al ámbito educativo, se puede incentivar el aprendizaje de un comportamiento dado un conjunto de estímulos, a través

de un refuerzo positivo, donde el estudiante recibe algo que quiere (como una buena nota o una distinción), y refuerzo negativo, donde el estudiante es recompensado con la evasión de algo que no quiere (como un examen final). La retroalimentación para disuadir comportamientos se logra tanto quitando algo que el estudiante quiere como entregándole algo que no quiere (como una mala nota) [15].

1.8. Teorías de la Inteligencia

Es importante tener en consideración las principales teorías de la inteligencia, debido a que cada vez es más importante el testing y las mediciones cuantitativas para demostrar la efectividad educacional de las tecnologías [15].

1.8.1. Teorías psicométricas

La psicometría hace uso de tests para evaluar y predecir la inteligencia de los individuos, incluidos los niños, según diferentes factores. Los resultados de numerosos estudios proveen evidencia sobre la estabilización de las diferencias en los puntajes psicométricos a los cinco o seis años, y son apropiados para predecir el desempeño en la escuela [18].

La crítica a las teorías psicométricas se centra en su dificultad para capturar la riqueza de las habilidades intelectuales a través de unos cuantos números, y la falta de consideración de aspectos sociales y culturales. Además, se suelen usar como predictores de desempeño en el futuro, y no como una directriz para una mejor educación de los niños [19].

1.8.2. Inteligencias Múltiples

La teoría de las Inteligencias Múltiples [41] plantea una visión alternativa a la caracterización unidimensional clásica de “la” inteligencia. Define “una” inteligencia como “la habilidad para resolver problemas o crear productos, que son valorados en una o más configuraciones culturales o comunitarias”. De acuerdo a esto, propone un “conjunto de inteligencias” [41], no excluyentes, independientes y al mismo tiempo interrelacionadas, que conforman la pluralidad del intelecto.

Lingüística: involucra la sensibilidad al lenguaje escrito y hablado, la habilidad para aprender idiomas y la capacidad para usarlos para lograr metas.

Matemático-lógica: involucra la capacidad de analizar los problemas en forma lógica, resolver operaciones matemáticas e investigar temas científicamente.

Espacial: implica la habilidad para formar un modelo mental del mundo espacial y ser capaz de operar y manipular los patrones para resolver problemas del mundo real.

Musical: involucra habilidades en la interpretación, composición y apreciación de patrones musicales, como el ritmo y los sonidos.

Corporal-kinésica: implica el potencial de utilizar el propio cuerpo o sus partes para resolver problemas o crear productos.

Interpersonal: involucra la capacidad de una persona para entender las intenciones, motivaciones y deseos de otras personas y en consecuencia, trabajar efectivamente con los demás.

Intrapersonal: implica las capacidades de entenderse a sí mismo, tener un trabajo efectivo sobre el propio ser incluyendo los deseos, miedos y capacidades y usar tal información de forma efectiva para regular la propia vida.

Según esta teoría, todas las personas poseen en algún grado cada una de estas habilidades, y difieren en el grado de pericia y en la naturaleza de su combinación.

Sin embargo, las habilidades lingüísticas y lógicas conforman la esencia de la mayoría de los tests para medir “inteligencia”, y comúnmente son considerados académica y socialmente como los indicadores más importantes [41]. Esto puede hacer que los individuos con habilidades en otras inteligencias se sientan defraudados y desmotivados.

Así, se hace relevante determinar cuál es la inteligencia dominante en un individuo, para guiar su proceso educativo de forma óptima. Una forma de determinar esta proclividad es exponer el individuo a una situación suficientemente compleja que estimule varias inteligencias, o que entregue un conjunto de materiales provenientes de diferentes inteligencias y determinar a cuál tiende a acercarse y cuán profundamente explora el problema desde esa perspectiva [41]. El desarrollo de software puede contribuir al descubrimiento de esta dominancia de distintas formas; en particular, tomando en cuenta la multiplicidad de las habilidades para optimizar la usabilidad de las aplicaciones al acceder a los contenidos [4].

Además, esta teoría propone una cierta dualidad en el concepto de “inteligencia”: constituye tanto el contenido de la enseñanza como el medio para acceder a él [41]. En casos en que el alumno presenta dificultades durante el aprendizaje en cierto dominio, es posible que esté fallando el medio de comunicación. Por ejemplo, para un alumno a quien le es difícil aprender cierto contenido del campo de la matemática, puede ocurrir que la matemática como medio de transmisión del contenido no esté en correspondencia con sus habilidades. En ese caso, el profesor podría intentar llegar al alumno a través de una ruta alternativa, haciendo uso de otras habilidades (lingüísticas o kinésicas, por ejemplo).

Sin embargo, este “desvío” no tiene garantías de eficacia. Puede ocurrir que un problema en un determinado dominio simplemente no se pueda “traducir” a otro. De todas maneras, si esta “traducción” es posible, inevitablemente se debe volver al dominio original para acceder a la esencia del contenido [41].

La teoría de las Inteligencias Múltiples ha recibido una gran cantidad de críticas, en particular en relación a la falta de respaldo empírico para su planteamiento [42]. Pese a esto, es un campo interesante para explorar, y puede ser tomado como punto de partida para identificar problemas tempranos en el proceso educativo, particularmente, a través del uso de tecnología.

1.8.3. Inteligencia Exitosa

Sternberg [21] propone el concepto de inteligencia exitosa como la habilidad de un individuo de tener éxito en la vida a partir de sus objetivos dentro de un contexto sociocultural. Postula que las personas logran el éxito adaptándose, dando forma y seleccionando entornos. Esto requiere que conozcan sus fortalezas y debilidades, y compensar las debilidades usando habilidades analíticas, creativas y prácticas.

El autor argumenta que las prácticas educativas actuales enfatizan el uso de habilidades analíticas en detrimento de aquellas creativas y prácticas, y propone que deberían estar en correspondencia con las fortalezas de los estudiantes en todas sus habilidades [15].

1.9. Desarrollo perceptivo

Las habilidades perceptivas consisten en el uso de los sentidos para construir representaciones internas del espacio y el tiempo [15]. Por esta razón, constituyen un aspecto primordial al hacer uso de tecnologías, y se convierten en un punto crítico para el proyecto, en relación a magnitudes como la velocidad con que se realizan las animaciones o el tamaño de íconos y botones.

Visión

Los niños en edad preescolar presentan dificultad en tareas como distinguir objetos del fondo y seguir el trayecto de objetos, pese a que el ojo está completamente desarrollado a esa edad.

La coordinación visual-motora corresponde a la habilidad de seguir el camino descrito por un objeto y hacer juicios sobre cómo interceptarlo. Esta mejora durante la infancia. Interceptar un objeto se refiere a la habilidad de estimar la ubicación futura de un objeto y usar una respuesta motora para alcanzarlo. A los cinco o seis años, los niños pueden seguir objetos que se mueven en el plano horizontal [15]. Esto plantea directrices para el desarrollo del proyecto, ya que sugiere qué formas de interacción (por ejemplo, animaciones) pueden ser logradas por los niños.

Habilidades perceptivo-motoras

El proceso perceptivo-motor involucra una serie de eventos, que comienza con la recepción de estímulos a través de los sentidos, y termina con la ejecución de un movimiento respuesta, incluyendo el almacenamiento de la experiencia (éxito o fracaso) para futura referencia [15].

Atención

La atención juega un rol tanto en las habilidades motoras como en el uso del computador. Es selectiva, ya que involucra la habilidad de filtrar estímulos no deseados, colaborando con la concentración en la tarea a realizar. Aunque existe evidencia de la selectividad de la atención desde el nacimiento, algunas habilidades relacionadas no están completamente desarrolladas hasta la enseñanza básica. Por ejemplo, los niños en edad preescolar no son capaces de buscar activamente objetos hasta los primeros años de básica [15]. Esto influye directamente en el diseño de la interacción de la aplicación y de la navegación.

1.9.1. Memoria

Memoria a corto plazo

La memoria a corto plazo almacena información a utilizar en un futuro cercano que puede ser manipulada. Ayuda a coordinar percepción, memoria a largo plazo, y acción. Para los adultos, puede guardar en promedio siete “piezas” de información, mientras que para niños de cinco años puede guardar cuatro o cinco, y para niños de nueve años, seis [30]. La complejidad de las tareas que un niño puede realizar está sujeta a esta capacidad limitada de la memoria a corto plazo, ya que limita la cantidad de información que un niño puede mantener en la mente al resolver un problema. Lo mismo ocurre con las relaciones que pueden establecer entre piezas de información [15]. Esto es considerado en el diseño de la aplicación, evitando la sobrecarga de información en cada sección.

Memoria a largo plazo

La memoria a largo plazo comprende dos partes: memoria explícita y memoria implícita. La memoria explícita involucra recuerdos que son guardados conscientemente, e incluye la memoria semántica (recordar hechos) y la memoria episódica (recordar eventos). La memoria implícita mantiene información que no se almacena conscientemente (cómo realizar tareas), y tiende a construirse a través de la repetición [15].

Los niños utilizan numerosas estrategias para guardar información en la memoria a largo plazo. El ensayo verbal es una estrategia que utilizan en los primeros años de enseñanza básica. Otras estrategias incluyen organización de la información, conexión de conceptos a través de imágenes, selección de la información más importante y técnicas para aprender material complejo [15].

1.9.2. Representación simbólica

DeLoache ha descubierto que a los tres años de edad, la mayoría de los niños puede entender que un símbolo significa algo más, que un objeto puede ser simultáneamente un símbolo, y que un símbolo puede representar algo en el mundo real [15]. Para usar los símbolos, los niños necesitan relacionar el símbolo y lo que representa, conectar los

elementos correspondientes y utilizar la información del símbolo para inferir información sobre lo que representa [31].

Los niños en edad preescolar pueden entender y utilizar mapas simples, como un punto en un rectángulo para representar un objeto en una caja, pero tienen dificultad para comprender la naturaleza representativa de los mapas [32]. Esto tiene gran relevancia para el proyecto implementado, ya que las imágenes y las interacciones que conforman la aplicación pretenden evocar objetos y eventos del mundo real. Específicamente, las imágenes y expresiones corresponden a símbolos de objetos.

Muchas tecnologías utilizan categorizaciones y jerarquías para organizar contenido. Pese a que los niños en edad preescolar a veces pueden hacer uso de categorizaciones jerárquicas, el razonamiento y la resolución de problemas usando jerarquías no aparece hasta los primeros años de enseñanza básica, comportamiento consistente con la etapa de operaciones concretas de Piaget [15, 29].

1.9.3. Resolución de problemas

Los preescolares son más propensos a concentrarse en un aspecto de una tarea y descuidar los otros, mientras que niños mayores pueden percibir un conjunto más grande de información sobre una tarea, lo que les permite tomar mejores decisiones y hacer mejores inferencias. Del mismo modo, los preescolares tienden a concentrarse en el estado actual de la tarea, sin prestar mucha atención a lo que pasó antes o anticipar lo que ocurrirá después. Por otro lado, los niños de los primeros años de enseñanza básica mantienen eventos previos en mente cuando resuelven problemas y toman decisiones, obteniendo mejores resultados. Estas diferencias sugieren que la forma en que la información es presentada para tomar decisiones en las tecnologías debe ser manejada de manera diferente para preescolares en relación a niños mayores [29].

Además, los preescolares son incapaces de revertir acciones en su mente, algo que niños mayores pueden hacer. Este es un tema importante en relación a la navegación de interfaces de usuario. Sobre el feedback de estas interfaces, es necesario considerar que, mientras los preescolares tienden a realizar evaluaciones cualitativas, los niños mayores son más propensos a medir cuantitativamente para resolver problemas o tomar decisiones [15].

1.10. Diseño didáctico multimedia

La utilización de material multimedia como apoyo en la enseñanza consiste en el uso de distintos tipos de recursos (texto, imágenes, sonidos, animaciones, etc.) combinados de distintas maneras para comunicar un tema determinado.

Las personas pueden integrar información desde distintas percepciones sensoriales en una experiencia significativa entera, mediante la asociación de estímulos (por ejemplo, el sonido del trueno con la imagen del relámpago en el cielo) [43]. De manera similar, es posible que integren información verbal y no verbal en el modelo mental. Por lo tanto,

para quien diseña una instrucción el desafío es combinar adecuadamente los modos de entregar un contenido para producir un aprendizaje significativo. Esto involucra decisiones en distintos niveles; por ejemplo: explicaciones a través de imágenes, palabras escritas o verbalmente; presentación secuencial o simultánea de recursos [43].

1.10.1. Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia

Mayer y Moreno [43] proponen una teoría cognitiva del aprendizaje multimedia basada en los siguientes supuestos:

- i. Las “reservas” de memoria a corto plazo para estímulos visuales y auditivos son independientes.
- ii. Cada memoria a corto plazo tiene una capacidad limitada.
- iii. Los humanos poseen sistemas separados para representar la información verbal y la no verbal.
- iv. El aprendizaje significativo ocurre cuando un estudiante selecciona información relevante en cada reserva, organiza la información en cada reserva en una representación coherente y crea conexiones entre esas representaciones.

A partir de una serie de experiencias realizadas con alumnos universitarios, [43] los autores proponen una serie de principios para el diseño de contenido educativo multimedia:

Principio de atención dividida: Los estudiantes aprender mejor cuando el material de la instrucción no requiere que dividan su atención entre múltiples fuentes de información mutuamente referidas.

Principio de modalidad: los estudiantes aprenden mejor cuando la información verbal se presenta auditivamente como texto que cuando se hace visualmente como texto en la pantalla, tanto para presentaciones concurrentes o secuenciales de material.

Principio de redundancia: los estudiantes aprenden mejor cuando se incluye animación y narración que cuando se incluye animación, narración y texto, si la información visual es presentada simultáneamente con la información verbal.

Principio de contigüidad espacial: los estudiantes aprenden mejor cuando el texto en la pantalla y los materiales visuales están físicamente integrados que cuando están separados.

Principio de contigüidad temporal: los estudiantes aprenden mejor cuando los materiales visuales y verbales están sincronizados temporalmente que cuando están separados en el tiempo.

Principio de coherencia: los estudiantes aprenden mejor cuando se excluye material externo al contenido que cuando se incluye en las explicaciones multimedia.

Estos principios pueden no ser directamente aplicables al trabajo discutido en el presente documento, debido al rango etario de los usuarios. Sin embargo, se tomaron como base para el diseño de la interacción bajo las restricciones pertinentes.

1.11. Trabajos similares

1.11.1. Word War

Prototipo para ayudar a la adquisición de vocabulario de una lengua extranjera (chino mandarín) a través de cartas interactivas. Los dos modos principales de la plataforma son *modo hablar*, en que el usuario utiliza comandos verbalmente para manipular las cartas del juego, y *modo escuchar*, en que el sistema entrega instrucciones verbalmente que el usuario debe seguir manipulando cartas manualmente con un mouse [13].

Semejanzas: ayuda al aprendizaje de vocabulario de lengua extranjera; uso de múltiples modos para interactuar; uso de multimedia.

Diferencias: los usuarios son estudiantes universitarios; el contexto socio-cultural es diferente; el idioma aprendido es diferente.

1.11.2. Intelligent Tutoring System

Módulo que permite enseñar vocabulario de una lengua extranjera (inglés) a niños, a través de estrategias que generan emociones en los estudiantes, facilitando la memorización. La aplicación cuenta con un tutor virtual (personaje animado que guía al usuario) [14].

Semejanzas: ayuda al aprendizaje de vocabulario de una lengua extranjera; los usuarios son niños con edades entre seis y ocho años; el idioma aprendido es el mismo; uso de multimedia.

Diferencias: el contexto socio-cultural es diferente; existe solo un modo de interacción.

1.11.3. Libros electrónicos

Aplicación virtual que imita la apariencia de un libro real, pero que incluye interactividad para transmitir el contenido (una historia infantil). El estudio incluyó una evaluación del vocabulario aprendido por los grupos involucrados en la experiencia [22].

Semejanzas: uso de multimedia; enseñanza de vocabulario (indirectamente); los usuarios son niños con edades entre cinco y seis años; existen diferentes modos de interacción.

Diferencias: no es una aplicación dirigida a la enseñanza de vocabulario; el vocabulario pertenece a la lengua materna de los usuarios; el contexto socio-cultural es diferente.

2. Análisis de requerimientos

2.1. Restricciones

La aplicación está limitada por un conjunto de restricciones en distintos niveles, lo que afecta tanto el diseño como la implementación.

2.1.1. Texto

Como la aplicación está dirigida a niños de 5 ó 6 años, se asume que no saben leer o que recién están aprendiendo a hacerlo. Esta limitación afectó distintos aspectos del diseño, como la identificación de botones sin texto.

2.1.2. Interacción

Los niños de 5 y 6 años poseen un desarrollo psicomotor incompleto. Específicamente, destrezas como la motricidad fina no se encuentran completamente desarrolladas. Esto afecta el desarrollo de la aplicación al momento de diseñar e implementar los gestos involucrados en la interacción.

2.1.3. Distribución espacial

Debido a las características propias de la edad de los usuarios, estos tienden a concentrarse en un solo elemento a la vez [15]. Esto puede causar situaciones inesperadas al momento de interactuar con una aplicación de pantalla táctil. Por ejemplo, si el usuario toca inadvertidamente un botón con la mano que no está ocupando, y la pantalla cambia de vista, puede frustrarse al no identificar la causa del evento. Por esto, es necesario distribuir apropiadamente los elementos en la pantalla, de manera que tales errores se puedan evitar dentro de un escenario normal de uso.

2.2. Características de los usuarios

La aplicación está dirigida a niños en edad preescolar insertos en el sistema educativo.

Edad : cinco y seis años

Sexo : hombres y mujeres

Nivel : kínder y primero básico

La construcción de software para educación en general cubre todo el período educacional, desde la etapa preescolar hasta la educación superior. Se escogió enfocarlo al nivel preescolar y los primeros años de básica principalmente por dos razones: el nivel de desarrollo físico y mental de los niños a esa edad, y la oportunidad de potenciar sus fortalezas. Por un lado, estos usuarios se encuentran en la etapa preoperacional del desarrollo según Piaget [15], por lo que cuentan con las destrezas para iniciarse en el mundo de la tecnología y obtener beneficios sustanciales en relación al aprendizaje. Por otro lado, la flexibilidad que ofrecen las tecnologías de la información permite considerar diferentes formas de interacción, acordes con las capacidades particulares de cada usuario. Algunos alumnos pueden sentirse excluidos

del proceso educativo porque la forma en que se implementa no es consistente con sus capacidades e intereses. En esos casos, la tecnología podría servir como canal para incorporarlos, convirtiéndose en un factor de la motivación al aprendizaje. Al mismo tiempo, es necesario considerar las dificultades que el diseño presenta para usuarios de esta edad; entre ellas, su desarrollo psicomotor incompleto, y un bajo nivel de tolerancia a la frustración y concentración.

El aprendizaje “uno-a-uno” se basa en la posibilidad de aprender de forma diferente a través del uso de un dispositivo computacional portátil. Estos equipos proveen novedosas formas de interactuar con el entorno, tanto desde una perspectiva individual como colaborativa, prácticamente en cualquier lugar [44]. Por esta razón, se proponen dos escenarios posibles para el contexto de uso de la aplicación. El primero es un laboratorio de inglés o computación en las dependencias de un establecimiento educacional, que debe contar con un dispositivo y audífonos para cada alumno. El segundo es un lugar cómodo y sin ruidos molestos, donde las actividades se puedan realizar sin problemas, como alguna habitación en la casa del usuario.

2.3. Opciones tecnológicas

Uno de los objetivos de la aplicación es motivar al usuario a aprender. Por esta razón, los dispositivos de pantalla táctil constituyen una opción interesante, debido a la cercanía entre los niños y la tecnología y al “boom” que ha experimentado la industria de equipos portátiles táctiles en los últimos años.

Existen variadas opciones en el mercado tecnológico actual. En general, si se escoge un modelo de dispositivo determinado, existe un sistema operativo asociado. A continuación se presenta una tabla comparativa entre las principales tecnologías de hoy en día en equipos táctiles.

Equipo	OS	Ventajas	Desventajas
iPad, iPhone	iOS	Alta aceleración gráfica permite generar animaciones de calidad; ambiente de desarrollo integra todos los recursos necesarios; las últimas generaciones poseen una pantalla de alta resolución (“retina display”)	Requiere registro en el programa de desarrollo de Apple
Samsung Galaxy Tab, Transformer Prime	Android	La comunidad de desarrollo se ha consolidado; no requiere registro en programas para desarrollar proyectos	La gran cantidad de dispositivos diferentes asociados puede producir problemas de compatibilidad

Debido a que las características del sistema operativo iOS son apropiadas para el desarrollo de la aplicación (aceleración gráfica, ambiente de desarrollo integrado, entre otras), y a que se tenían conocimientos previos de desarrollo al respecto, se escogió iOS como plataforma de desarrollo.

En cuanto al dispositivo, se escogió el iPad porque funciona con iOS, y su tamaño es apropiado para la edad de los usuarios (la interacción es más precisa que usando un dispositivo de menor tamaño) dentro del contexto de uso (el usuario estará en un lugar específico sin desplazarse), factor relevante a considerar en función de los objetivos de la aplicación [46].

3. Desarrollo de la solución

3.1. Descripción general de la aplicación

Conceptualmente, la aplicación corresponde a una colección de “escenas”. Una escena (Figura 1) tiene un entorno definido y está compuesta por una serie de elementos con un concepto global en común.

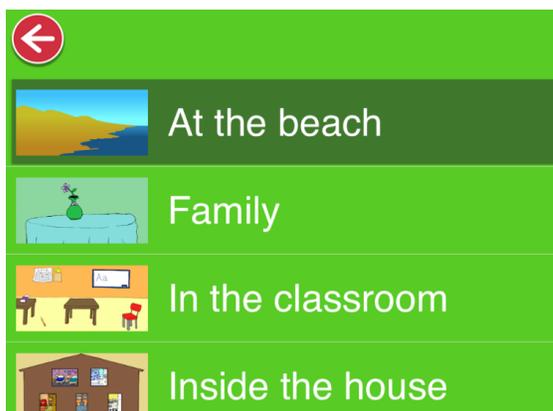


Figura 1: Escenas

El usuario escoge un personaje (Figura 2) para interactuar con la escena (Figura 3) y aprender la expresión en inglés asociada a cada elemento.

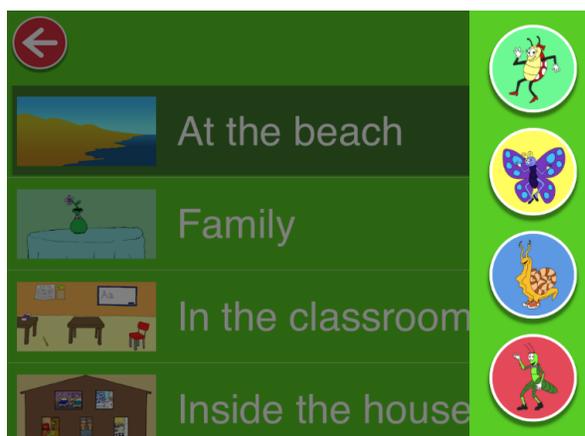


Figura 2: Selección de personajes



Figura 3: Escena

Después de aprender, puede acceder a un módulo de evaluación (Figura 4), en que se pone a prueba la retención de las expresiones aprendidas con el personaje.



Figura 4: Módulo de evaluación

Los resultados de la evaluación se almacenan en registros históricos para determinar el nivel de aprendizaje de cada palabra. Se espera que el usuario realice las actividades de cada escena más de una vez; por lo tanto, se puede determinar el nivel de aprendizaje de cada palabra y de cada modo en función de los indicadores actualizados permanentemente.

3.2. Arquitectura física

La aplicación involucra interacción con diferentes gestos a través de la pantalla, y la visualización y gestión de contenido organizado.

Las alternativas para implementarla dependen de dos criterios: cantidad de tipos de usuario y localización de los datos.

En relación a los tipos de usuario, la aplicación puede construirse como un software individual o uno colaborativo. Diseñar e implementar la aplicación individual implica

tener en consideración la interacción de un único usuario, lo que permite concentrarse en los detalles y realizar pruebas dentro del tiempo asignado para el proyecto, pero a la vez impide generar relaciones interesantes entre alumnos. Construir un software colaborativo permite agregar una componente social a la aplicación, lo que podría generar resultados novedosos en relación al aprendizaje; sin embargo, la edad de los usuarios juega en contra del trabajo grupal. Se escogió crear una aplicación individual dada la importancia de la interacción detallada para los fines del proyecto y la edad de los usuarios.

Con respecto a la localización de los datos, se puede diseñar un software distribuido o autocontenido. En el caso de la aplicación como un software distribuido, los datos se alojan en un servidor externo al que se tiene acceso a través de internet. Esto principalmente permite la modificación independiente de la administración de los datos en la capa servidor, y la gestión de contenidos y control de la interacción en la capa terminal (el dispositivo). Además, el almacenamiento de los datos de todos los usuarios posibilita el estudio de comportamientos grupales e individuales, de interés para los objetivos de la aplicación. Sin embargo, el esfuerzo para construir el software de esta manera es mucho mayor que el caso autocontenido. Al diseñar e implementar la aplicación como software autocontenido se pierden las posibilidades de análisis colectivo y registro remoto de datos, pero permite enfocar los esfuerzos en producir un prototipo funcional y efectivo en el plazo. Por estas razones, la aplicación fue diseñada como un software autocontenido ejecutable en un iPad, ya que fue importante conseguir un prototipo funcional a tiempo para realizar las pruebas con usuarios.

3.3. Arquitectura lógica

La aplicación está formada por distintos módulos que controlan cada uno un área determinada (Figura 5).

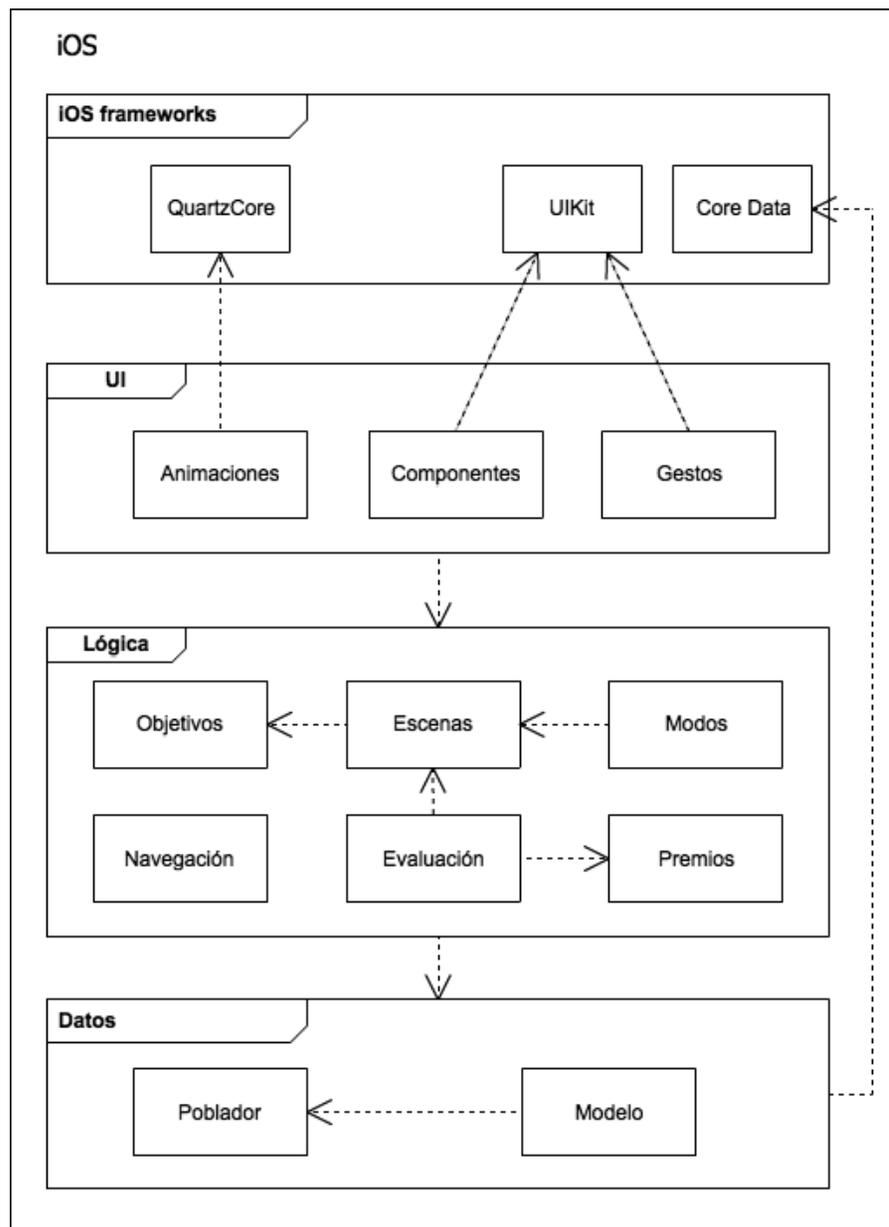


Figura 5: Diagrama de arquitectura lógica

3.3.1.iOS frameworks

Estos módulos pertenecen a las librerías ofrecidas por la plataforma de desarrollo

QuartzCore: permite crear las animaciones necesarias para la interacción (particularmente, interpolaciones de movimiento y transparencia).

UIKit: ofrece el conjunto de elementos visuales e interactivos requeridos para construir tanto la base de la aplicación (controladores de navegación) como los componentes esenciales de las interfaces de usuario (vistas, botones, tablas, imágenes, gestos, etc.).

Core Data: permite administrar los datos de la aplicación.

3.3.2.UI (Interfaz de Usuario)

Animaciones: permite definir y reproducir animaciones utilizando elementos del módulo QuartzCore.

Componentes: se encarga de configurar las vistas principales para mostrarlas al usuario.

Gestos: posibilita la recolección de información entregada por los eventos de interacción y su interpretación dentro del contexto de la aplicación.

3.3.3.Lógica

Objetivos: controla la creación e interacción de los objetivos.

Escenas: controla la construcción de escenas.

Modos: controla la interacción con los objetivos de una escena.

Navegación: mantiene la consistencia entre las vistas consecutivas de la aplicación.

Evaluación: permite ejecutar el módulo de evaluación.

Premios: administra la generación de premios, su exhibición y la persistencia de su estado.

3.3.4.Datos

Modelo: hace uso de Core Data para administrar los datos.

Poblador: se encarga de poblar la base de datos al usar por primera vez la aplicación.

Las librerías de iOS para dispositivos móviles permiten administrar la persistencia de datos principalmente de tres maneras: Property Lists, SQLite y Core Data.

Property Lists: archivos de almacenamiento de objetos como árboles. La creación de Property Lists es sencilla, pero no tiene un mecanismo de administración de datos sofisticado.

SQLite: usar directamente SQLite permite tener control sobre todas las operaciones realizadas; sin embargo, se hace complicado utilizar las librerías de C correspondientes, en parte, por los argumentos que tienen como parámetro las funciones.

Core Data: framework que implementa la administración de datos a través de SQLite (existen otras opciones también). Esto reduce el control que se tiene sobre la administración concreta de los datos, pero permite manejarlos muy intuitivamente a nivel de objetos dentro de la aplicación.

Se decidió que la aplicación utilizara el framework Core Data para administrar los datos. La aplicación pretende contribuir en los campos del diseño de interacción y la usabilidad,

por lo tanto, se escogió una alternativa para administrar los datos que fuera a la vez simple de usar y eficiente.

3.4. Diseño de clases

Se siguió un diseño de clases orientado a objetos, dadas las características del lenguaje utilizado (Objective-C). Se incluye un diagrama de clases en el Anexo A: Diagramas.

3.5. Testing

Se utilizó el framework de testing OCUit para comprobar el funcionamiento de las clases más críticas y mantener un conjunto de pruebas en caso de extensiones futuras del sistema. Los módulos que tienen testing asociado son aquellos que involucran operaciones geométricas y manejo de listas.

3.6. Modelo de datos

Se incluye un diagrama del modelo de datos en el Anexo A: Diagramas.

A continuación se entrega una descripción general de los datos de cada entidad (Tabla 1). Si bien el modelo parece tener redundancia en su descripción (en relación a la declaración de llaves foráneas), forma parte de la creación de modelos locales usando el framework Core Data. El modelo es consistente, y las transacciones de datos se resuelven dinámicamente.

Observaciones:

- i. No se incluye la descripción de la entidad Administration. Fue creada al comienzo del proyecto para desencadenar ciertos eventos al utilizar la aplicación por primera vez, pero se descartó en la versión definitiva.
- ii. Las coordenadas x e y de los vértices son relativas al extremo superior izquierdo de la escena, no necesariamente de la pantalla.

Tabla 1: Descripción de las entidades del modelo de datos

Entidad	Atributo o relación	Tipo	Descripción
Scene	backgroundImage	string	ruta del archivo de imagen de fondo de la escena
	thumbnailImage	string	ruta del archivo de imagen de miniatura de la escena
	title	string	título de la escena
	goals	llave foránea	(relación 1-a-muchos) objetivos asociados a la escena
Goal	audioFileName	string	ruta del archivo de sonido del objetivo
	expression	string	expresión asociada al objetivo
	imageHover	string	ruta del archivo de imagen del objetivo seleccionado

	imageNormal	string	ruta del archivo de imagen del objetivo no seleccionado
	x	int	coordenada x de la posición del objetivo dentro de la escena
	y	int	coordenada y de la posición del objetivo dentro de la escena
	scene	llave foránea	(relación 1-a-1) escena a la que pertenece el objetivo
	vertices	llave foránea	(relación 1-a-muchos) vértices que forman el contorno del objetivo
Vertex	position	int	posición del vértice en el polígono al que pertenece
	x	int	coordenada x del vértice
	y	int	coordenada y del vértice
	goal	llave foránea	(relación 1-a-1) objetivo cuyo contorno contiene al vértice
Mode	name	string	nombre del modo
General Score	finishedCount	int	cantidad de veces que un modo ha sido completado
	visitedCount	int	cantidad de veces que un modo ha sido visitado
	mode	llave foránea	(relación 1-a-1) modo al que están asociados los contadores
Detailed Score	correctCount	int	cantidad de veces que un objetivo ha sido emparejado correctamente
	incorrectCount	int	cantidad de veces que un objetivo ha sido emparejado incorrectamente
	goal	llave foránea	(relación 1-a-1) objetivo al que están asociados los contadores
	mode	llave foránea	(relación 1-a-1) modo en que se actualizaron los contadores
Prize	imageNormal	string	ruta del archivo de imagen de premio obtenido
	imageShadow	string	ruta del archivo de imagen de premio no obtenido
	owned	int	1 si el premio ha sido obtenido, 0 si no
	sortNumber	int	posición del premio en la galería de premios

3.7. Archivos y recursos

La aplicación trabaja con archivos de diferentes tipos, debido a las características multimedia implementadas.

3.7.1. Imágenes

Las imágenes de objetivos, personajes y botones tienen formato PNG con fondo transparente. Las imágenes de fondo y de miniatura de escenas tienen formato PNG o JPEG.

3.7.2. Archivos de audio

Los archivos de audio son todos de tipo CAF. Este es el formato requerido para ser reproducidos correctamente en el dispositivo utilizado.

3.7.3. Archivos de video

Los archivos de video son de tipo MOV. Este es uno de los formatos posibles requeridos para ser reproducidos correctamente en el dispositivo utilizado.

3.7.4. Plataforma de desarrollo

El proyecto se desarrolló en Xcode 3.2.6, una IDE diseñada exclusivamente para el desarrollo de aplicaciones que operan en dispositivos de la empresa Apple.

El lenguaje utilizado es Objective-C, que es un superconjunto de C que incluye orientación a objetos.

3.8. Dispositivo de prueba

Se trabajó con un iPad 1 con sistema operativo iOS 4.3.3.

4. Estructura de la aplicación

4.1. Objetivos

Conceptualmente, un objetivo corresponde a un objeto cuyo nombre en inglés debe ser aprendido por el usuario. Dentro de la aplicación, corresponde a una imagen, una expresión, un sonido, un contorno y una posición.

Imagen: archivo de imagen de tipo PNG con fondo transparente que representa el objeto.

Expresión: cadena de caracteres que corresponde a la(s) palabra(s) que describe(n) el nombre del objeto en inglés.

Sonido: archivo de audio de tipo CAF que corresponde a la pronunciación de la expresión. Los sonidos fueron generados a través de una página web de síntesis de voz [45].

Contorno: polígono convexo con orientación antihoraria de sus vértices, que rodea la imagen con la forma aproximada de su silueta. Los vértices del contorno se especifican al crear un objetivo (deben ser calculados externamente).

Posición: par de coordenadas de la pantalla relativas al área que define una escena, que indica dónde se ubica el objetivo dentro de ella.

La única interacción directa que el usuario tiene con los objetivos se realiza a través de un toque. Cuando la imagen recibe un toque, se muestra en un globo de texto la

expresión, y al mismo tiempo se reproduce el sonido (se dice que el objetivo está siendo “consultado” por el usuario) (Figura 6).

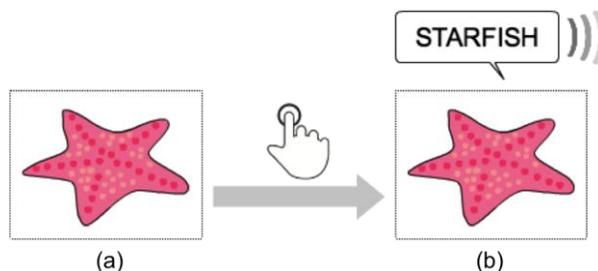


Figura 6: Objetivo sin presionar (a) y luego de ser presionado (b)

4.2. Escenas

Una escena consiste en un conjunto de objetivos relacionados y el contexto o situación en que están insertos. Se representa con una imagen de fondo, un conjunto de objetivos y un título.

Imagen de fondo: archivo de imagen JPG o PNG que representa el lugar en que se encuentran los objetivos. La posición de los objetivos se indica en relación al lugar que ocupan dentro de la imagen.

Conjunto de objetivos: colección de un número definido y constante de objetivos relacionados semánticamente. El número se fijó como 5, ya que se estima que los niños en el grupo etario de los usuarios puede retener aproximadamente 5 piezas de información simultáneamente [30].

Título: expresión que alude al contenido de la escena. Se muestra al momento de seleccionar una escena.

Las escenas creadas para probar y validar la aplicación se basan en las unidades contenidas en el libro de inglés de referencia para el proyecto [35]. Se muestra un resumen de las escenas y sus correspondientes objetivos a continuación.

Escena (título)	Objetivos (expresiones)
At the beach	BALL, PARASOL, SAILBOAT, STARFISH, SUNGLASSES
Family	DAUGHTER, FATHER, MOTHER, PET, SON
In the classroom	BOARD, CHAIR, DESK, ERASER, PENCIL
Inside the house	BATHROOM, BEDROOM, DINING ROOM, KITCHEN, LIVING ROOM
Toys	BALL, BICYCLE, CAR, DOLL, TEDDY BEAR

4.2.1. Personajes

Un personaje representa un animal con características humanas, que tiene asociada una lista aleatoria con los objetivos de la escena. Consiste en una imagen que se puede

mover por la pantalla, que cuenta con animaciones para los distintos estados por los que pasa. Un personaje puede ser conectado y emparejado con un objetivo de una escena.

La forma en que un personaje se conecta a un objetivo depende del modo al que pertenece el personaje.

Un personaje tiene asociado en todo momento un objetivo, obtenido desde la lista aleatoria de objetivos. Si se da un toque al personaje, se muestra en un globo de texto la expresión, y se reproduce el sonido simultáneamente (se dice que el personaje ha sido “consultado”, de manera similar a los objetivos). Cuando el personaje es conectado a un objetivo cualquiera de la escena, se considera que ha sido emparejado si ese objetivo es el mismo que tiene asociado.

Se dice que una escena ha sido “completada” cuando todos sus objetivos han sido emparejados.

4.3. Modos

Un modo se define como la forma en que el usuario selecciona objetivos de una escena. La asociación entre modos y personajes es biunívoca: cada modo tiene un y solo un personaje asociado. Cada personaje es controlado por el usuario de una manera específica, dependiendo del modo para desplazarlo por la pantalla y conectarlo.

Independiente del modo, su personaje y los objetivos de la escena pasan por una serie de estados durante la duración del modo, como resultado de la interacción entre el usuario y la pantalla.

4.3.1. Estados de un objetivo

Un objetivo pasa por los siguientes estados: Reposo, Seleccionado, Emparejado (Figura 7).

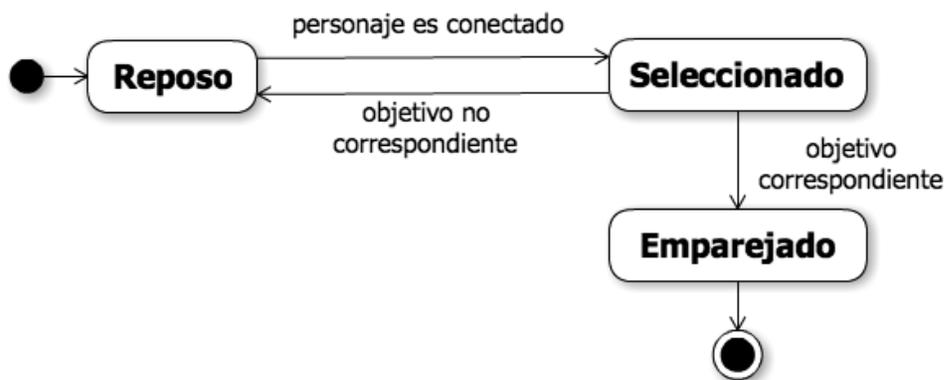


Figura 7: Diagrama de estado de Objetivo

Reposo: estado inicial. Un objetivo se encuentra en reposo cuando no está recibiendo eventos del usuario. Se distingue por la imagen “normal” del objetivo.

Seleccionado: cuando el personaje es conectado con el objetivo, su estado cambia a Seleccionado. Visualmente se distingue por la imagen “destacada” del objetivo.

Emparejado: si un objetivo seleccionado corresponde al objetivo actual del personaje, su estado cambia a Emparejado. Visualmente se distingue por el desplazamiento automático de la imagen del objetivo desde el punto inicial hasta la primera casilla desocupada en la barra superior de la pantalla (los objetivos emparejados “salen” de la escena). La barra se puede observar en la zona superior de la Figura 3.

4.3.2.Estados de un personaje

Un personaje pasa por los siguientes estados: Reposo, Movimiento, Incorrecto, Emparejado, Completado (Figura 8).



Figura 8: Diagrama de estado de Personaje

Reposo: estado inicial. Un personaje se encuentra en Reposo cuando no está siendo desplazado por la pantalla. Visualmente se distingue por la posición constante de la imagen del personaje y una animación permanente de “bamboleo”.

Movimiento: mientras el personaje es desplazado a través la pantalla por el usuario, se encuentra en Movimiento. Visualmente se distingue por el cambio de posición de la imagen que representa al personaje (la forma en que se logra el desplazamiento depende de cada modo) y por la falta de animación (solo se observa el desplazamiento).

Incorrecto: cuando el personaje es conectado a un objetivo, pero este no corresponde a su objetivo asociado actual, pasa al estado Incorrecto. Visualmente se distingue por

una animación de “vaivén” a modo de negación (además de la reproducción de un sonido específico).

Emparejado: cuando el personaje es conectado a un objetivo, y este corresponde a su objetivo asociado actual, pasa al estado Emparejado. Visualmente se distingue por una animación de “salto con giro” (además de la reproducción de un sonido específico).

Completado: cuando el personaje ya ha sido emparejado con todos los objetivos de la lista, pasa al estado Completado. Se distingue por la reproducción de un sonido específico.

Los modos existentes son los siguientes: buscar, encerrar, volar, saltar.

4.3.3. Buscar

Forma de desplazamiento del personaje: arrastre.

Cuando comienza el gesto de arrastre, el personaje se desplaza en línea recta desde su última posición hasta la posición del dedo y luego sigue su recorrido hasta que es levantado.

Forma de selección: el personaje “toca” el objetivo.

Cuando se levanta el dedo después de arrastrarlo, se verifica si el personaje y algún objetivo se traslapan. Están traslapados si la intersección entre los rectángulos definidos por sus imágenes no es vacía.

Cada vez que el personaje cambia de posición, se determina si se está traslapando con algún objetivo. Esto se realiza con la estrategia descrita a continuación.

1. **Detección de traslape.** Se recorre el conjunto de objetivos, y para cada uno, se determina si el rectángulo definido por su imagen intersecta al rectángulo definido por la imagen del personaje. Si la intersección no es vacía, se agrega al conjunto de objetivos traslapados.
2. **Elección del objetivo más cercano.** Si hay solo un objetivo traslapado, se elige como resultado. Si no, para cada uno, se calcula la distancia de su centro al centro de la imagen del personaje, y se elige como resultado aquel con la menor distancia. Si dos o más objetivos están a igual distancia del personaje, se escoge el primero.

4.3.4. Encerrar

Forma de desplazamiento del personaje: arrastre.

El personaje se desplaza por la pantalla por arrastre. Si se hace un gesto de arrastre en la pantalla, la imagen del personaje sigue el recorrido del dedo, actuando como “pincel”: a medida que avanza, va dibujando un trazo que refleja el recorrido realizado por el

dedo en la pantalla. Este trazo desaparece cuando se levanta el dedo; este evento significa que el trazo ha terminado y se debe verificar si hay selección de algún objetivo.

Forma de selección: el personaje “encierra” el objetivo, siguiendo una guía visual que aproxima su contorno.

La imagen de cada objetivo tiene dibujado un contorno, un polígono convexo construido manualmente que la rodea y aproxima su forma. Se considera que un objetivo está seleccionado, si se realiza un trazo a su alrededor, y si este tiene una calidad suficientemente alta. Con el fin de controlar en forma independiente el dibujo del trazo, el dibujo de los contornos y la interacción con los objetivos, se trabaja con distintas capas superpuestas: una para los objetivos, una para el trazo y otra para los contornos (Figura 9).

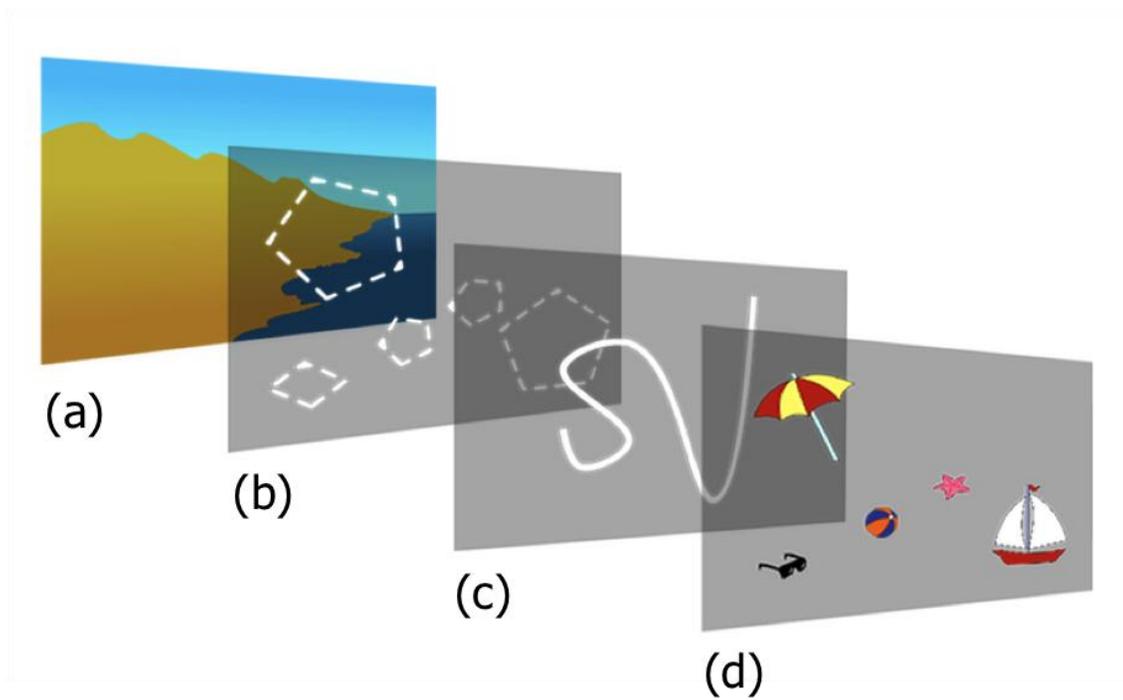


Figura 9: Capas de fondo (a), contornos (b), trazo (c) y objetivos (d)

Para determinar la calidad del trazo, se diseñó una heurística adecuada para el tipo de usuario, con márgenes de error parametrizables.

La heurística se desarrolla en las etapas detalladas a continuación.

1. **Creación de rectángulos envolventes** (Figura 10). Cuando este modo es inicializado, se recorre el conjunto de objetivos de la escena. Para cada objetivo, se recorre el conjunto de vértices asociados a su contorno. Para cada par consecutivo de vértices (conceptualmente, un arco de tamaño a_i), se crea un rectángulo “centrado en el arco” con parámetro ϵ , de largo $a_i + 2\epsilon$, y ancho 2ϵ . Para construir este rectángulo, primero se obtiene el vector denominado como

“director”, cuyo origen es el final del arco, forma un ángulo de $3\pi/4$ con el eje x positivo, y su tamaño es $\varepsilon\sqrt{2}$. El siguiente vector a construir (el primer arco del rectángulo) tiene como origen el final del vector director, forma un ángulo de $3\pi/4$ con él, y tiene tamaño 2ε . El segundo arco tiene tamaño $a_i + 2\varepsilon$, su origen es el final del primero y forma un ángulo de $\pi/2$ con él. El tercer arco tiene tamaño 2ε , su origen es el final del segundo y forma un ángulo de $\pi/2$ con él. Por último, el cuarto arco tiene tamaño $a_i + 2\varepsilon$, su origen es el final del tercero y forma un ángulo de $\pi/2$ con él.

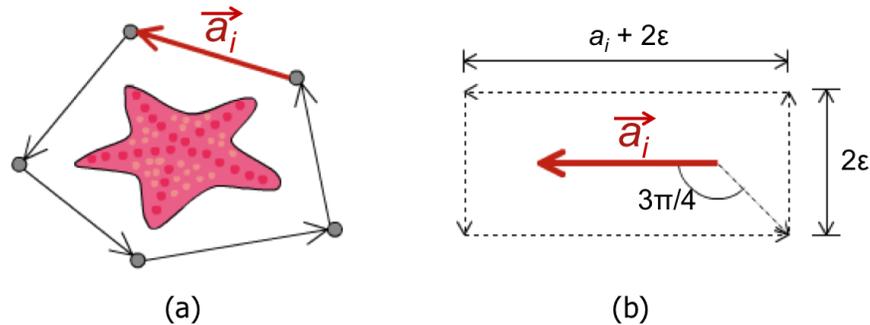


Figura 10: Polígono del contorno, con el arco \vec{a}_i destacado (a) y el rectángulo envolvente asociado (b)

2. **Estimación del objetivo más cercano** (Figura 11). Los detectores de eventos de toque producen una gran cantidad de datos (pares de coordenadas que indican la posición en que se produjo cada contacto), por lo que se decidió trabajar siempre con una muestra de frecuencia parametrizable (se definió por prueba y error el valor 2 para esta frecuencia; es decir, se considera un par de coordenadas por medio). Cuando se han recibido 3 de estas entradas, se calcula el cuadrado de la distancia mínima entre cada una y cada objetivo. La distancia mínima entre un punto y un objetivo se define como el mínimo entre las distancias a cada segmento (es decir, la longitud del segmento perpendicular a este, cuyo origen es el punto) que conforma el rectángulo contenedor de la imagen, y las distancias a los vértices de este rectángulo. Se estima que el objetivo más cercano es aquel que produce la menor suma de distancias mínimas a los 3 puntos de entrada.

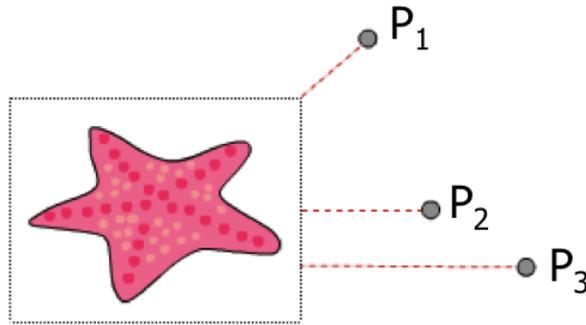


Figura 11: Distancia mínima de tres puntos. Observar que para algunos puntos la distancia se mide sobre la perpendicular (P_2 y P_3), y para otros no (P_1)

- Determinar existencia de “púas”** (Figura 12). Se recorre el conjunto de puntos que constituyen la muestra resultante de la detección de toques. Para cada trío de puntos consecutivos, se construyen los vectores correspondientes a los dos arcos involucrados, y se calcula el producto punto entre ellos. A partir de este valor, se obtiene el cuadrado del coseno del ángulo entre ambos vectores (se utiliza el cuadrado para evitar el cálculo innecesario de las raíces cuadradas del denominador). Se verifica que este número esté en el rango establecido (por prueba y error, se determinó que un ángulo máximo adecuado es 160° , por lo que el valor límite para el cuadrado del coseno es $-(\cos 160)^\circ = -0.833$). Si el valor de este número es menor que el límite, significa que los tres puntos forman una “púa”. Se establece que los trazos con púas son incorrectos, porque los polígonos que constituyen los contornos de los objetivos tienen como restricción ser convexos, y por lo tanto los trazos asociados deben tener un “aspecto convexo”.

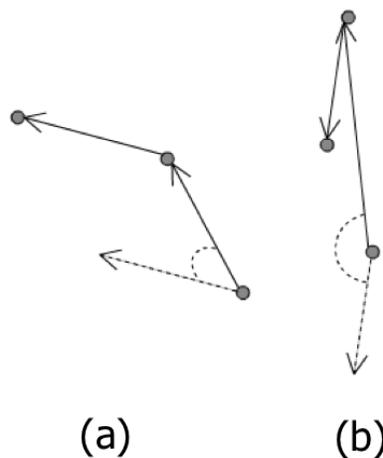


Figura 12: El trío de puntos de (a) no forma una púa, mientras que el de (b) sí lo hace

4. **Contar los puntos en el interior de los rectángulos envolventes** (Figura 13). Por cada punto en la muestra, se recorre el conjunto de rectángulos envolventes del objetivo revisado. Si el punto está en alguno, la cuenta aumenta en uno. La etapa anterior (detección de púas) permite evitar falsos positivos en esta etapa, por ejemplo, en caso de que el usuario ingrese muchos puntos dentro de un solo rectángulo (Figura 14).

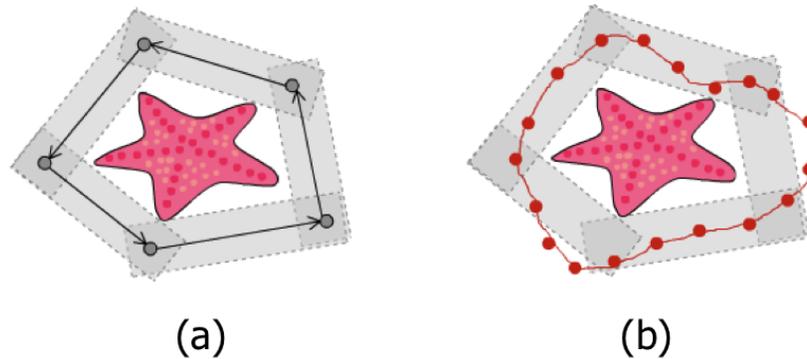


Figura 13: En (a) se pueden ver los rectángulos envolventes generados para el contorno del objetivo. En (b) se muestra un posible trazado y cómo algunos puntos quedan dentro de los rectángulos envolventes y otros fuera

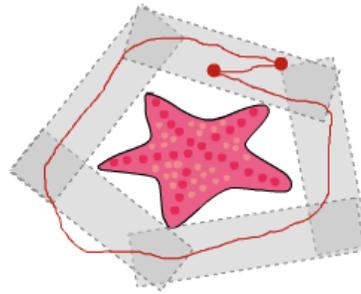


Figura 14: Caso descartado: púas al interior de un rectángulo envolvente

5. **Verificar que cada rectángulo contiene al menos una entrada en el interior** (Figura 15). A medida que se realiza el conteo de puntos interiores de los rectángulos envolventes, se verifica que cada rectángulo tenga al menos un punto interior. Si existen uno o más rectángulos envolventes sin puntos interiores, se establece que el trazo es incorrecto porque está incompleto. Esta etapa también contribuye a evitar falsos positivos, por ejemplo, en caso de que el usuario trace un polígono convexo con muchos puntos dentro de un solo rectángulo, y selección de múltiples objetivos.

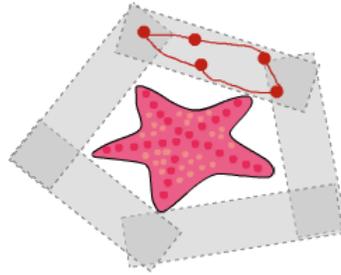


Figura 15: Caso descartado: polígono convexo, pero dentro de un solo triángulo

4.3.5. Volar

Forma de desplazamiento del personaje: acelerómetro.

El personaje se desplaza por la pantalla dependiendo del movimiento del dispositivo efectuado por el usuario.

El eje x atraviesa el dispositivo longitudinalmente, cuyo sentido positivo es el sentido del rayo trazado desde el botón de inicio hacia el lado opuesto. El eje y es perpendicular al eje x y está contenido en el plano definido por la pantalla. Su sentido positivo es el rayo que se dirige a la derecha, perpendicularmente al eje x (Figura 16).

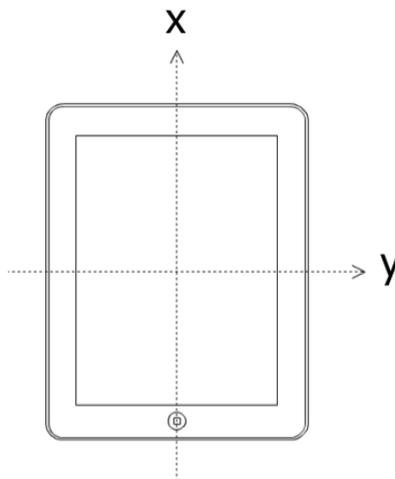


Figura 16: Ejes del dispositivo

Cada 0.05 segundos, se obtiene el valor de la aceleración en los ejes x e y , según la rotación del dispositivo en torno a los ejes (Figura 17).

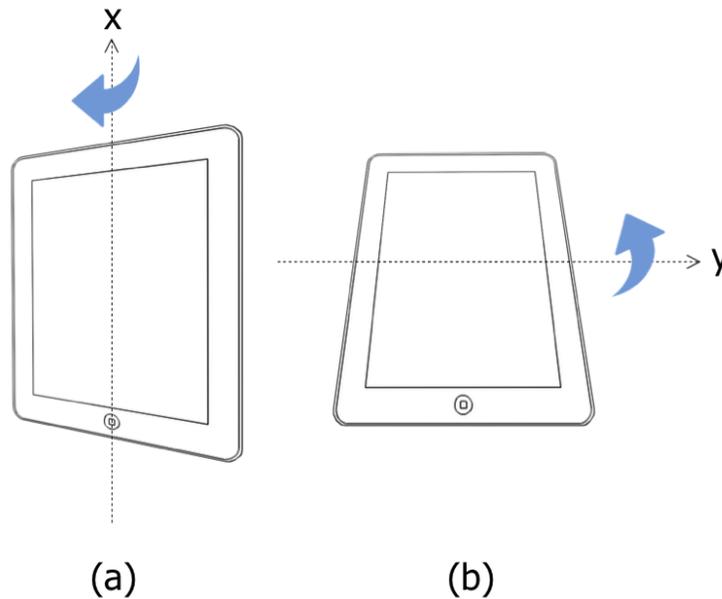


Figura 17: Rotación en el sentido positivo del eje x (a) y en el sentido positivo del eje y (b)

Los valores del movimiento en cada eje varían entre -0.5 y 0.5 (se alcanzan cuando el dispositivo está posicionado perpendicularmente al suelo al girar en torno a los ejes descritos).

Se determinó un umbral de movimiento por prueba y error, para establecer la magnitud del desplazamiento del personaje. Si el valor de la aceleración en un eje es menor o igual a 0.3, se considera que el estímulo es demasiado pequeño y la posición del personaje no cambia. Si es mayor, se determina el sentido del movimiento en cada eje del dispositivo, y se configuran las velocidades según los ejes de la pantalla. El diseño de la aplicación restringe la orientación del dispositivo como paisaje (es decir, los contenidos se muestran considerando que el dispositivo se sostiene con el lado más largo paralelo al suelo). Por lo tanto, una aceleración en relación al eje x del dispositivo, significa un desplazamiento en el eje y de la pantalla, y viceversa.

Para mantener al personaje dentro del área limitada por la pantalla, se verifica que la imagen siempre aparezca dentro de la región definida por la pantalla. Si el movimiento implica que el personaje debería traspasar este límite, no se cambia su posición.

Forma de selección: el personaje “toca” el objetivo.

La estrategia utilizada es análoga a la descrita en el modo Buscar. Cuando el movimiento alcanza el umbral inferior y el personaje deja de moverse, se aplica la detección de traslape y la elección del objetivo más cercano.

4.3.6. Saltar

Forma de desplazamiento del personaje: toque prolongado múltiple.

El personaje se desplaza por la pantalla “dando saltos”. El método de desplazamiento es el siguiente: se pone un dedo sobre el personaje, y otro en el lugar al que se quiere que llegue. Si se sueltan ambos dedos simultáneamente, se produce una animación cuya trayectoria está descrita por una curva de Bezier cuadrática, con posición inicial en el primer dedo, y posición final en el segundo. Sus puntos de control son el centro del personaje (P_0), el punto de destino (P_2), y un punto que se calcula en base a los dos anteriores:

$$P_1 = \left(\frac{P_0^x + P_2^x}{2}, \min(P_0^y, P_2^y) - 500 \right)$$

Este corresponde a un punto ubicado “suficientemente arriba”, entre P_0 y P_2 , que permite dar una forma parabólica a la trayectoria.

Forma de selección: el personaje “toca” el objetivo.

La estrategia utilizada es análoga a la descrita en el modo Buscar. Cuando el personaje llega al punto de destino, se aplica la detección de traslape y la elección del objetivo más cercano.

4.4. Evaluación

Existe una forma adicional de interactuar con una lista de objetivos; sin embargo, no es considerada un “modo” propiamente tal, porque no está asociada a una escena, sus objetivos no pueden ser seleccionados y en caso de ser completada, entrega una recompensa.

El objetivo de la interacción con una escena a través de un modo es permitir el aprendizaje por prueba y error de las expresiones a memorizar. Si el usuario no conoce la expresión asociada a un objetivo, puede darle un toque para saberla y poder conectar al personaje con su objetivo actual asociado.

Por otro lado, la meta del módulo de evaluación es determinar el grado de retención de expresiones estudiadas en una escena determinada. Por este motivo, solo se puede interactuar en forma directa con el personaje central (los objetivos no pueden ser consultados).

El personaje del módulo de evaluación no se desplaza por la pantalla, a diferencia de los personajes de los modos. Para explicar sus movimientos permitidos, se puede simplificar su forma a la de un vector con restricciones. Este vector puede cambiar su magnitud y el ángulo que forma con el eje horizontal (dentro de un rango definido), pero no el punto de origen, que se define al inicializar el módulo y se mantiene constante. En palabras más simples, puede estirarse o contraerse en el eje radial, y rotar en torno al origen sin desplazarse (Figura 18).

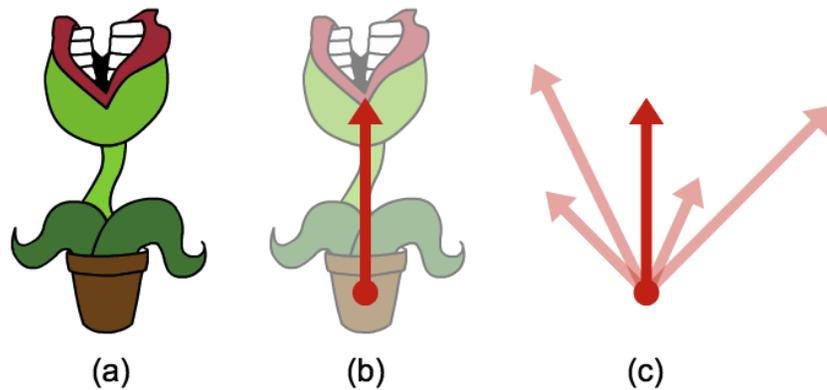


Figura 18: Movimiento del personaje del módulo de Evaluación. La representación del personaje (a) está asociada a un vector (b) con el origen fijo (c)

Los objetivos del módulo de evaluación se ubican en la parte superior de la pantalla, por encima del personaje (Figura 4). Para sugerir el movimiento “roto-radial” del personaje, forman una especie de arco sobre este. Se distribuyen en vértices consecutivos de un eneágono regular con centro en el extremo del vector que representa el personaje (la cabeza).

Forma de desplazamiento del personaje: arrastre

Cuando se detecta un gesto de arrastre en la pantalla, la cabeza del personaje se ubica en la posición del dedo en la pantalla (sin rotar), y el cuerpo se estira de modo tal que el origen se mantiene constante y el extremo se ubica en la posición de la cabeza. Esto se logra controlando de manera simultánea las imágenes que representan la cabeza y el cuerpo (Figura 19).

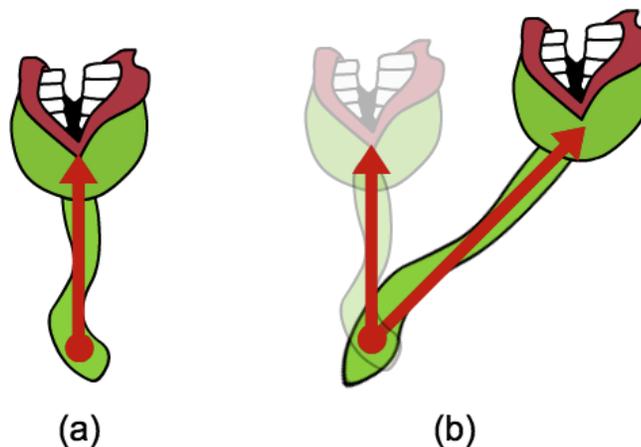


Figura 19: Movimiento del personaje del módulo de Evaluación. Las imágenes se transforman sincronizadamente desde la posición por defecto (a) hasta la indicada por el usuario (b)

Cabeza: se cambia su posición actual a la posición del dedo en la pantalla (si está dentro del rango definido).

Cuerpo: se aplica primero una rotación, cuyo ángulo corresponde a la “variación angular” respecto a la posición anterior de la cabeza, y luego un escalamiento, cuyo factor es la acumulación de los escalamientos anteriores.

Se define el punto correspondiente a la base del personaje como pivote para el movimiento del cuerpo.

Para obtener los valores de la variación angular y el factor de escalamiento en un instante i , se consideran dos vectores, \vec{v}_{i-1} y \vec{v}_i . El primero (\vec{v}_{i-1}) tiene su origen en el pivote y su extremo en el último punto que recibió un toque, y el segundo (\vec{v}_i) tiene su origen en el pivote y su extremo en el punto actual (Figura 20).

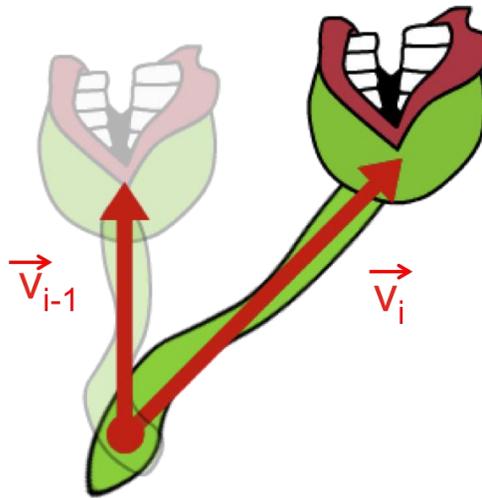


Figura 20: Vectores considerados para calcular los factores de las transformaciones

Para calcular el factor de escalamiento, primero se determinan las magnitudes de ambos vectores. El factor de escalamiento nuevo se calcula como el producto entre el factor de escalamiento anterior y el cociente entre las magnitudes de los vectores, v_i y v_{i-1} .

$$\lambda_i = \lambda_{i-1} * (v_i/v_{i-1})$$

Es necesario calcular el factor acumulado y no el factor absoluto actual, porque los escalamientos se aplican de manera consecutiva, uno sobre otro.

Para calcular la variación angular, se determina primero el producto cruz entre los vectores, y como las magnitudes ya están calculadas, se obtiene el valor del seno del ángulo (considerando el signo del producto cruz). Finalmente se aplica arcoseno para obtener el valor del ángulo.

$$\Delta\theta_i = \arcsen\left(\frac{|\vec{v}_{i-1} \times \vec{v}_i| * \text{signo}(\vec{v}_{i-1} \times \vec{v}_i)}{v_i * v_{i-1}}\right)$$

Se trabaja con la variación angular y no con algún ángulo absoluto porque se debe tomar en cuenta la última posición del cuerpo para presentar un movimiento natural.

Cuando se tienen estos dos valores, se aplican las transformaciones a las imágenes, $imagen_{cabeza}$ e $imagen_{cuerpo}$. En relación a $imagen_{cabeza}$, simplemente se cambia su posición y se anima el desplazamiento (en línea recta) mediante una interpolación de movimiento (realizada automáticamente por el módulo Core Animation de la plataforma de desarrollo). En cuanto a $imagen_{cuerpo}$, se aplican dos transformaciones: un escalamiento con factor λ_i (en el eje y) y posteriormente una rotación con ángulo $\Delta\theta_i$.

$$imagen_{cuerpo}^i = R(S(imagen_{cuerpo}^{i-1}, \lambda_i), \Delta\theta_i)$$

Forma de selección: la cabeza “toca” un objetivo

Cuando la cabeza se suelta después de haber sido arrastrada, se realizan la detección de traslape y la elección del objetivo más cercano, de manera similar al procedimiento del modo Buscar; sin embargo, en este módulo se considera solamente la imagen de la cabeza para calcular la intersección.

Una vez que se detectó traslape y se escogió el objetivo más cercano, la cabeza se posiciona sobre el objetivo seleccionado, como si lo estuviera “mordiéndolo”.

Si no se detectó traslape, el personaje se “recupera”, volviendo a su posición original. Esto significa trasladar la imagen de la cabeza a su ubicación inicial, encoger el cuerpo y rotarlo hasta volver a sus dimensiones originales.

Cuando un objetivo no está seleccionado, se mueve de arriba a abajo. Cuando está seleccionado, permanece en su lugar sin animación.

Forma de confirmación: pellizco

A diferencia de los modos, en el módulo de evaluación se puede confirmar que el objetivo seleccionado es el que corresponde al objetivo actual del personaje con un gesto adicional. Como los objetivos de este módulo no pueden ser consultados, se ofrece la opción de cambiar de opinión antes de confirmar.

Una vez que un objetivo ha sido seleccionado, para confirmar se da un pellizco (juntar simultáneamente dos dedos sobre la pantalla) en cualquier posición. Si el objetivo seleccionado corresponde al objetivo actual del personaje, su imagen desaparece, y se activa una animación del personaje como si estuviera “masticando” el objetivo. Si no corresponde, el objetivo permanece visible y se activa una animación del personaje como si estuviera moviendo la cabeza de un lado a otro. En ambos casos (tanto si corresponde como si no), el personaje recupera su posición y dimensiones originales.

4.4.1. Rango de movimiento

Se determinó experimentalmente (por prueba y error) el área dentro de la pantalla en que puede moverse el personaje, que permite una visualización adecuada del efecto “roto-radial”. Los límites obtenidos corresponden a un rectángulo de vértices (200, 50), (200, 450), (824, 450), (824, 50) (Figura 21).

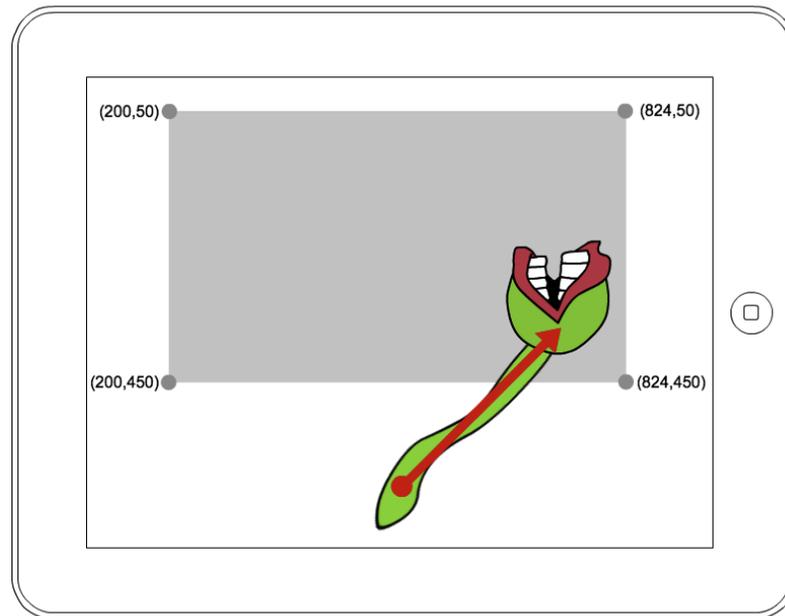


Figura 21: Rango de movimiento del personaje

Si no existe ese rango, no se logra el efecto deseado, ya que la cabeza aparece “incorpórea”. Esto se debe a diferentes decisiones que se tomaron para obtener un resultado visualmente consistente.

En primer lugar, la cabeza y el cuerpo se manejan como imágenes separadas. La alternativa era considerar el personaje como una sola imagen; sin embargo, al estirla, no se produciría la ilusión del cuerpo estirado y cabeza de tamaño constante.

En segundo lugar, la mitad inferior de la imagen del cuerpo corresponde a un área deliberadamente transparente, mientras que la mitad superior contiene el dibujo propiamente tal (Figura 22). Esta fue la opción más sencilla escogida para lograr el efecto roto-radial, ya que la transformación de escalamiento utilizada se realiza siempre desde el centro de la imagen, extendiéndola o contrayéndola hacia ambos sentidos del eje. Como en este caso se requiere la deformación de la imagen en un solo sentido, se optó por utilizar una imagen con las restricciones descritas.

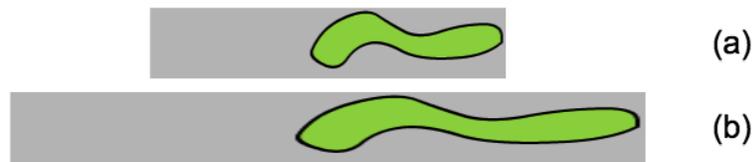


Figura 22: Imagen asociada al cuerpo del personaje. Se muestran en su estado normal (a) y estirado (b)

Por último, como la cabeza y el cuerpo se mueven de manera independiente, es necesario mantener sus movimientos coordinados para mantener la ilusión de un cuerpo entero, especialmente cuando el personaje se recupera.

En el caso de la recuperación, se realizó un ajuste especial para evitar inconsistencias visuales (Figura 23). Cuando el personaje debe recuperar su posición y sus dimensiones originales, el proceso se realiza en dos etapas consecutivas. Primero, el cuerpo se contrae solamente en forma radial, sin cambiar de ángulo, hasta que su extremo se ubique a la altura de su ubicación por defecto, y la cabeza realiza el desplazamiento correspondiente, hasta alcanzar la misma altura. En la segunda etapa, el cuerpo rota en el ángulo necesario para recuperar la posición inicial, y se contrae apropiadamente para recuperar el tamaño original; la cabeza se desplaza horizontalmente para alcanzar la posición por defecto.

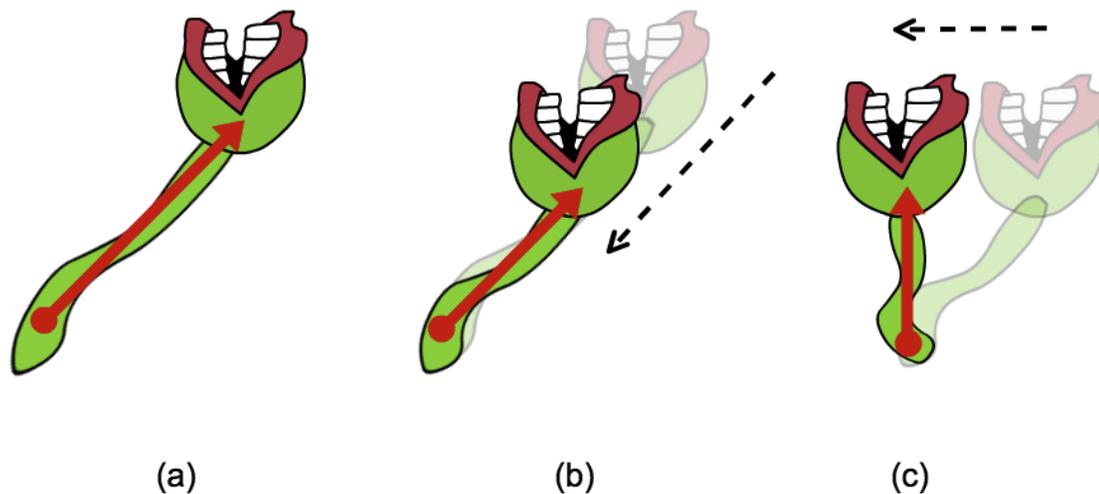


Figura 23: Recuperación del personaje. A partir de una determinada posición (a), el personaje se contrae radialmente (b) y luego rota hasta la posición por defecto (c)

4.5. Premios

Un premio consiste en la imagen de un personaje en relieve sobre una moneda. Existe un conjunto de tamaño definido (14 elementos) de premios asociado a la aplicación.

Cuando todos los objetivos del módulo de evaluación han sido emparejados correctamente, el usuario obtiene un premio. El premio aparece en la región superior de

la pantalla con un sonido característico. Cuando termina de aparecer, un personaje especial surge desde el botón de premios que pertenece a la pantalla del módulo de evaluación, recoge el premio, y vuelve al botón.

El premio se elige al azar dentro del conjunto de premios cada vez que el usuario empareja correctamente los objetivos con el personaje.

En cualquier momento durante la interacción con el módulo de evaluación, el usuario puede presionar el botón de premios para abrir una ventana emergente. Esta ventana muestra el conjunto total de premios, incluyendo aquellos que ya ha ganado (los premios se distinguen por la imagen; cada uno tiene asociado una imagen correspondiente al estado “no obtenido” y una al estado “obtenido”).

4.6. Estadísticas

La aplicación mantiene constantemente un registro de estadísticas relacionadas con el uso de los personajes para interactuar con las escenas.

4.6.1. Estadísticas por Modo

Cada modo posee dos indicadores: *visitado* y *completado*.

- i. **Visitado:** un modo se considera “visitado” cuando ocurre el primer traslape entre el personaje del modo y algún objetivo de la escena. En ese caso, se incrementa el contador asociado y se almacena.
- ii. **Completado:** un modo se considera “completado” cuando todos los objetivos de la escena han sido correctamente emparejados. En ese caso, se incrementa el contador asociado y se almacena.

4.6.2. Estadísticas por Objetivo

Cada objetivo posee dos indicadores: *correcto* e *incorrecto*.

- i. **Correcto:** cuando un objetivo ha sido correctamente emparejado, se incrementa y almacena el contador correspondiente.
- ii. **Incorrecto:** cada vez que un objetivo es emparejado incorrectamente, se incrementa y almacena el contador correspondiente.

Ambos indicadores están asociados al modo cuyo personaje se empareja con los objetivos, correcta o incorrectamente.

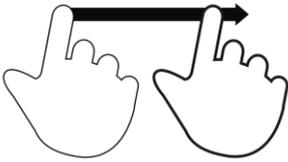
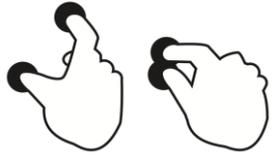
5. Diseño de la interacción

5.1. Selección de gestos

Los dispositivos táctiles, en particular el iPad, ofrecen una gran variedad de gestos para interactuar [36]. Varios de ellos fueron escogidos para permitir la interacción entre el usuario y esta aplicación en particular, mientras que otros fueron descartados.

A continuación se presenta una lista con los gestos escogidos (Tabla 2), de qué forma se utilizan dentro de la aplicación, algunos gestos excluidos (Tabla 3) y las razones de cada elección.

Tabla 2: Gestos incluidos en la aplicación

Gesto	Uso en la aplicación
<p>Toque (tap)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • activación de botones de navegación (avance y retroceso) • activación de botones especiales (tutorial y premios) • selección de escena • selección de modo • consulta a personaje y objetivos • cierre de ventanas emergentes <p>Se considera que el toque es un gesto análogo al click en los computadores de escritorio. Por esto, se decidió asociarlo a funcionalidades conocidas (activación de botones, selección de elementos dentro de una lista, consulta sobre información adicional). En el caso de las ventanas emergentes, puede que no parezca muy intuitivo dar un toque fuera de ellas para cerrarlas, pero es un comportamiento habitual y sugerido para estas componentes en particular [37].</p>
<p>Arrastre (drag)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • desplazamiento de tabla (escenas) • desplazamiento de personajes <p>La plataforma de desarrollo implementa el desplazamiento de tablas por arrastre en forma automática, por lo que se mantuvo ese comportamiento. Además, el gesto de arrastre se utiliza para desplazar los personajes de los modos Buscar y Encerrar, y para realizar el movimiento específico del personaje del módulo de Evaluación.</p>
<p>Pellizco (pinch)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • confirmación de selección en módulo de Evaluación <p>En general, este gesto se utiliza para hacer zoom a una imagen, pero se decidió incluirlo como una imitación de una mordida con los dedos, con el fin de hacer el módulo atractivo para los usuarios.</p>

<p>Pulsación (press)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> desplazamiento de personaje <p>Solo se utiliza pulsación para implementar los “saltos” del personaje del modo Saltar. No se utilizan toques en este caso porque es necesario que el contacto entre el dedo y la pantalla sea suficientemente largo para procesar correctamente el orden de los dedos.</p>
<p>Pulsación múltiple (multi press)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> desplazamiento de personaje <p>Se utiliza pulsación múltiple para implementar los “saltos” del personaje del modo Saltar, ya que requiere dos dedos en la pantalla simultáneamente, con una diferencia de tiempo.</p>
<p>Barrido (flick)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> desplazamiento de tabla <p>La plataforma de desarrollo también implementa el desplazamiento de tablas por barrido en forma automática, por lo que se mantuvo ese comportamiento.</p>

Tabla 3: Gestos excluidos de la aplicación

Gesto	Justificación
<p>Toque doble (double tap)</p> 	<p>Se evitó utilizar toque doble (por ejemplo, podría haberse utilizado para consultar personajes y objetivos), porque se hace un poco difícil realizar correctamente este gesto, y podría confundirse con otros gestos utilizados (como la pulsación múltiple).</p>
<p>Gestos personalizados</p>	<p>Se descartó la creación de gestos personalizados debido a que su uso requiere motricidad fina desarrollada, lo que no corresponde al grupo etario al que pertenecen los usuarios de la aplicación.</p>

5.2. Navegación

5.2.1. Jerarquía simplificada

Se definió una estructura lineal de la navegación en la aplicación. Es decir, para cada vista actual, solo se puede acceder a aquella inmediatamente anterior (siempre), o a aquella inmediatamente posterior, dependiendo del cumplimiento de las condiciones de

la vista actual (por ejemplo, para pasar de la vista de Modo a la vista de Evaluación, debe haberse completado la escena primero) (Figura 24).



Figura 24: Navegación lineal

Internamente, se implementa en base a librerías ofrecidas por la plataforma de desarrollo, que manejan las vistas de la aplicación en una pila. A medida que se recorre la jerarquía en profundidad, se van agregando vistas a la pila.

5.2.2. Selector de escenas

Las escenas se pueden seleccionar desde una tabla. Es común en aplicaciones móviles utilizar una tabla para mostrar un conjunto de elementos del mismo tipo donde se debe seleccionar uno.

5.2.3. Vistas emergentes

Menú de modos

Cuando se selecciona una escena, aparece un menú emergente vertical desde el lado derecho de la pantalla, que muestra un botón por cada modo, cuyo ícono corresponde a su personaje. Se escogió un menú emergente y no una nueva vista normal por dos razones. Primero, para evitar alargar la jerarquía de vistas. Segundo, para presentar visualmente la idea de que la opción que se escoge está asociada a la escena seleccionada. Como el menú emergente no cubre completamente la tabla con escenas, se puede ver qué escena se seleccionó mientras se escoge un modo para acceder a ella.

Tutorial y premios

Cuando se presiona el botón de tutorial o el de premios (ubicados a la izquierda y la derecha, respectivamente, en la región superior de la Figura 4), aparece una vista emergente con la información correspondiente. En ambos casos, la función de esta vista es solo mostrar el contenido (video con un ejemplo de interacción y las imágenes que representan los premios, respectivamente). Por esto, no presentan botones adicionales, y se cierran dando un toque fuera de la vista o presionando nuevamente el botón que las hizo aparecer. Aunque esto puede parecer poco intuitivo, es consistente con las recomendaciones sobre la interacción humano-computador asociadas al dispositivo [37]. Además, contribuye a evitar la sobrecarga de información, ya que se presenta solamente lo necesario en la pantalla.

5.2.4. Retroceder

Todas las vistas de la aplicación (a excepción de la primera) muestran en el extremo superior izquierdo un botón para retroceder. Al presionarlo, se pasa a la vista inmediatamente anterior, sin importar el estado de la vista actual. Adicionalmente, si la vista anterior es la de algún modo, todos sus elementos se llevan al estado por defecto.

Las vistas emergentes no presentan este botón, por las razones explicadas previamente.

Se decidió ubicar el botón para retroceder en todas las vistas en el extremo superior izquierdo invariablemente, para facilitar la recordabilidad de la funcionalidad.

5.3. Imágenes

Las imágenes de objetivos, personajes y premios deben cumplir con una serie de restricciones para mantener la consistencia visual y funcional de la aplicación.

Formato: las imágenes descritas deben tener fondo transparente (se usan imágenes en formato PNG). De lo contrario, diversas metáforas visuales no tendrían sentido en la aplicación. Entre ellas están la conexión entre personajes y objetivos, y el movimiento roto-radial del personaje del módulo de Evaluación.

Profundidad: se debe tener el cuidado de agregar las imágenes de cada vista en el orden correcto. Por ejemplo, en la vista de un modo, el personaje siempre tiene la menor profundidad (su imagen aparece por sobre todas las demás, y se sobrepone en caso de traslape).

Tamaño: las imágenes de objetivos deben encontrarse en un rango aceptable de tamaño para que las funcionalidades se desarrollen correctamente. No se definió un número exacto, porque estas dimensiones dependen de otras. Por ejemplo, una imagen de objetivo no puede ser demasiado pequeña; si lo es, el modo de Encerrar puede generar comportamientos extraños (los rectángulos envolventes serían demasiado pequeños). En este caso, las dimensiones dependerían del valor de ε asociado al modo. Tampoco puede ser demasiado grande; si dos imágenes de objetivo en una escena son demasiado grandes y se ubican muy cercanas entre sí, pueden provocar comportamientos inesperados al momento de detectar el traslape o la pertenencia de trazos a los rectángulos envolventes.

5.4. Diferenciación de funcionalidades

5.4.1. Animaciones

La plataforma de desarrollo permite generar distintas interpolaciones de movimiento, forma, transparencia, etc., las que fueron utilizadas para crear animaciones y asociarlas a imágenes determinadas en la aplicación.

Estas animaciones tienen dos objetivos principales. Por un lado, buscan presentar los elementos de las vistas centrales de manera atractiva para los usuarios. Por otro lado, representan implícitamente el estado de un objeto, el grado de avance dentro de un módulo y las funcionalidades disponibles asociadas a este.

En el caso de los personajes, las animaciones asociadas permiten identificar los estados por los que pasa (detallado en la sección Modos).

En el caso de los objetivos, permiten determinar cuánto se lleva avanzado y cuánto falta para completar el modo o módulo correspondiente. Para un modo, la cantidad de objetivos situados en las casillas de la barra superior indica cuántos objetivos se han emparejado correctamente, y por lo tanto, el progreso que se lleva hasta el momento. Cuando un nuevo objetivo es emparejado, y se traslada a la siguiente casilla desocupada mediante una animación, este “sale” de la escena, lo que equivale a un problema resuelto. Para el módulo de Evaluación ocurre algo similar: a medida que los objetivos son “devorados” a través animaciones, se tiene noción de cuánto falta para completar la actividad.

En el caso del botón de premios, cuando aparece un premio en el módulo de Evaluación, el personaje asociado a los premios “surge” del botón para recogerlo y luego vuelve. Esto, además de presentar de manera atractiva la recompensa, indica indirectamente dónde se encuentra la galería de premios.

5.4.2. Globos de Texto

Existen dos elementos que representan globos de texto en la aplicación: globos grandes y globos pequeños (Figura 25).

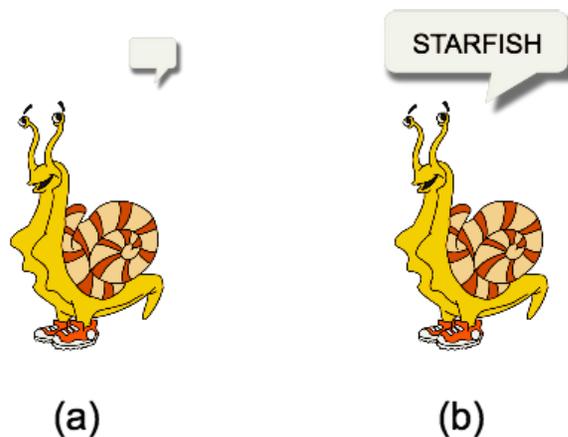


Figura 25: Globos de texto. Personaje con imágenes de globo pequeño (a) y globo grande (b)

Globo grande: imagen de globo de texto que muestra la expresión asociada, reproduce el sonido correspondiente simultáneamente, y desaparece poco a poco.

Globo pequeño: imagen de globo de texto que indica si el elemento es consultable.

Los elementos “consultables” de la aplicación (objetivos y personajes) presentan la imagen de un globo pequeño sobre la imagen que los representa, que se mantiene “palpitando”. Esta animación indica que, si se da un toque al elemento, se mostrará un globo grande con la expresión asociada en ese momento. La idea detrás de esto es, por una parte, diferenciar los elementos interactivos de los elementos gráficos no interactivos de la aplicación (en particular, identificar qué gráficos de la imagen de una escena corresponden a objetivos y personajes). Por otra parte, ayudan a identificar cuándo pueden ser consultados, y cuándo no (los personajes no pueden ser consultados después de que la escena ya ha sido completada, y los objetivos no pueden ser consultados en el módulo de Evaluación).

Sobrecarga de información

Uno de los puntos críticos de la aplicación es la sobrecarga de información. Esto se intentó mitigar en parte reduciendo el número de objetivos por escena a 5. Adicionalmente, el uso de los globos grandes permite evitar la exposición simultánea de las expresiones a aprender en una escena. Como una de las metas centrales de la aplicación es ayudar a memorizar palabras, es importante que el usuario pueda concentrarse solo en una palabra en un instante determinado. El hecho de que estos globos sean “volátiles” (que desaparezcan después de un tiempo definido) permite mantener en un nivel bajo la sobrecarga de palabras.

Repetibilidad

La “volatilidad” de los globos grandes también influye en una característica crucial que apunta al aprendizaje de palabras: la repetibilidad. En lugar de mostrar constantemente la expresión asociada a un objetivo, es necesario consultarlo cada vez que se quiere conocerla. Como cada vez que se presiona se reproduce el sonido y se muestra el texto, se refuerza la asociación entre ambos y la imagen que representa el concepto a aprender.

6. Resultados

6.1. Hipótesis a verificar

A continuación se presenta la lista de hipótesis sobre el comportamiento esperado de los usuarios y el cumplimiento de los objetivos de la aplicación.

H1. La aplicación permite memorizar vocabulario en inglés a usuarios de la edad precisada.

H2. La aplicación motiva a los usuarios a aprender inglés.

H2.1. Después de usar la aplicación, los usuarios quieren utilizarla nuevamente.

H2.2. El modo de interacción influye en el deseo de volver a utilizar la aplicación.

H2.3. La interacción es consistente con el desarrollo psicomotor de los usuarios.

6.2. Experiencia realizada

Para verificar el cumplimiento de los objetivos de la aplicación, se realizó una validación con usuarios después de la implementación.

Se escogió trabajar con alumnos del Saint Charles College, ubicado en la comuna de La Florida, Santiago. Este establecimiento científico-humanista ha sido elegido como el colegio subvencionado con la mejor infraestructura TIC del país, en un estudio realizado por La Tercera y el Centro de Estudios de Políticas y Prácticas en Educación (CEPPE) [38].

Se contactó a Nina Borisova, directora y Denisse Pino, jefa de UTP, para coordinar encuentros con los alumnos en las dependencias del establecimiento.

Se visitó el colegio en tres oportunidades, en tres días diferentes. El primer día se trabajó con 10 niños de kinder; el segundo día, con 10 niños de primero básico, y el tercero, con 5 niños de segundo básico.

La jefa de UTP informó a las profesoras de cada curso sobre la actividad a realizar previamente.

Las pruebas realizadas fueron individuales. Para cada prueba, se fue a buscar a la sala un niño escogido al azar o por orden alfabético, se realizó la actividad en el lugar acordado, y se acompañó al niño a su sala de regreso.

El lugar utilizado para la mayoría de las pruebas fue la biblioteca del establecimiento, un lugar tranquilo y cómodo para los niños. La encargada de la biblioteca supervisó la actividad y colaboró con la coordinación de los horarios, sin interferir en las pruebas. Cuando no fue posible utilizar la biblioteca, se realizaron las pruebas en una oficina contigua.

6.3. Metodología

La metodología utilizada para realizar cada prueba se definió como una serie de pasos a seguir. La actividad involucró el uso de tres instrumentos de medición: test de vocabulario, encuesta de experiencia y estadísticas de la aplicación. Cada uno está descrito en detalle en la sección Instrumentos. Adicionalmente, se mantuvo un registro constante de observaciones en relación al comportamiento del usuario y sus opiniones y comentarios.

Previamente al inicio de las pruebas, se determinó la asignación de las escenas a los alumnos.

6.3.1.Pre-test

Una vez que el alumno se ha instalado (sentado en una silla, o sobre un cojín en el suelo), se le muestra la pantalla de bienvenida de la aplicación. Se le pide que resuelva el test de vocabulario impreso en papel, antes de comenzar a jugar.

6.3.2.Interacción

Se le entrega el dispositivo al alumno. Se le indica que pase a la siguiente pantalla mediante el botón de flecha, y que escoja la escena correspondiente. Se le pide que escoja un personaje.

Dentro de la escena, se le recomienda presionar el botón con la imagen de un ojo para saber cómo jugar. Se deja que el alumno juegue con la aplicación, y se interviene dependiendo de su comportamiento, para guiar la interacción si es necesario.

Cuando termina o se aburre de jugar con un personaje, se le ofrece la posibilidad de probar con otro.

Cuando ya ha jugado con todos los personajes (o si no quiere jugar más), se le pide que entregue el dispositivo.

6.3.3.Post-test

Se le aplica el mismo test de vocabulario entregado en la etapa de pre-test.

6.3.4.Encuesta

Se le aplica la encuesta de experiencia. Para los alumnos más extrovertidos, se realiza una breve entrevista con preguntas abiertas para conocer más en detalle sus impresiones.

6.3.5.Estadísticas

Se extraen las estadísticas recolectadas por la aplicación, y se anotan en un papel que contiene datos adicionales del alumno (género, tiempo transcurrido durante el juego, escena correspondiente).

6.4. Instrumentos

Con el fin de medir distintas variables involucradas en el estudio, se crearon distintos instrumentos descritos a continuación.

6.4.1.Test de vocabulario

Para determinar el grado de retención a corto plazo de los términos pertenecientes a una escena, se creó un test para cada escena. Este test consiste en una lista de expresiones (correspondientes a las expresiones de los objetivos de la escena) y una lista de imágenes (correspondientes a las imágenes de los objetivos de la escena, incluyendo dos imágenes de objetivos ajenos a la escena). Ambas listas tienen sus elementos distribuidos sin ningún orden en particular.

Durante cada prueba, se le solicitó al alumno que conectara con una línea la expresión con la imagen correspondiente, en caso de conocerla. Debido a que no todos sabían leer, en todos los casos se mostró el sonido de cada expresión reproduciendo los mismos archivos de audio de la aplicación, desde un computador. El alumno tenía la posibilidad de cambiar de opinión y borrar una línea si lo deseaba.

Se incluyen los tests para todas las escenas en el Anexo B: Instrumentos.

6.4.2. Encuesta de experiencia

Se confeccionó una encuesta para registrar las impresiones de los alumnos en relación a la aplicación.

La encuesta consta de dos secciones: “PERSONAJES” y “JUEGO”.

La sección “PERSONAJES” (preguntas A1 hasta A12) pretende identificar la reacción del usuario al usar cada personaje, determinar preferencias y tendencias en relación a la interacción específica con cada uno.

La sección “JUEGO” (preguntas B1 a B8) pretende establecer la impresión del usuario frente al juego en forma global, e inferir su influencia en la motivación.

Las preguntas que conforman el cuestionario se incluyen en la siguiente lista:

- A1. (Buscar) Te gustó el personaje.
- A2. (Buscar) Es difícil moverlo.
- A3. (Volar) Te gustó el personaje.
- A4. (Volar) Es difícil moverlo.
- A5. (Encerrar) Te gustó el personaje.
- A6. (Encerrar) Es difícil moverlo.
- A7. (Saltar) Te gustó el personaje.
- A8. (Saltar) Es difícil moverlo.
- A9. (Evaluación) Te gustó el personaje.
- A10. (Evaluación) Es difícil moverlo.
- A11. Escoge el personaje que más te gustó.
- A12. Escoge el personaje que menos te gustó.
- B1. Te gustó el juego.
- B2. Le dirías a un amigo o amiga que juegue un juego distinto.
- B3. Volverías a jugarlo.
- B4. Recomendarías el juego a un amigo o una amiga.
- B5. Crees que el juego es aburrido.
- B6. No te gustó el juego.
- B7. El juego es entretenido.
- B8. No volverías a jugar el juego.

Las preguntas A1 a A12 pretenden determinar la validez de la hipótesis H2.2, mientras que las preguntas B1 a B8 pretenden hacer lo mismo con la hipótesis H2.1.

Se escogió una escala Likert de tres grados para calificar cada afirmación. En lugar de expresiones para cada grado, se utilizaron íconos de caras, como sugieren estudios realizados en relación a la aplicación de encuestas para niños [39].

Para los primeros tres alumnos, el fiscalizador explicó las instrucciones, y luego leyó cada pregunta, mientras ellos mismos evaluaban las afirmaciones acuerdo a su criterio. Sin embargo, no entendían bien el concepto de calificar una afirmación, y las afirmaciones declaradas como oraciones negativas en general no se entendieron (el alumno permanecía sin responder o mostraba confusión). Por estas razones, se decidió eliminar los enunciados negativos (B2, B5, B6, B8), y que el fiscalizador marcara las respuestas en el papel, preguntando el grado de aceptación a los alumnos para cada afirmación.

Se incluye la encuesta en el Anexo B: Instrumentos.

6.4.3. Estadísticas de la aplicación

De las estadísticas implementadas en la aplicación, se registraron las dos principales: estadísticas por Modo y estadísticas por Objetivo.

6.5. Resultados obtenidos

Tanto los resultados registrados mediante los tres instrumentos como el procesamiento estadístico de los datos se incluyen en el capítulo Anexos.

6.5.1. Características de la muestra

En total se aplicó la experiencia a 25 estudiantes del establecimiento, distribuidos como se describe a continuación (Tabla 4 y Tabla 5).

Tabla 4: Distribución por género

Género	MASCULINO	FEMENINO
Cantidad	12	13

Tabla 5: Distribución por nivel

Nivel	KÍNDER	1º BÁSICO	2º BÁSICO
Cantidad	10	10	5

6.5.2. Memorización de expresiones

Se generaron dos indicadores a partir de los tests de vocabulario: puntaje y retención.

Puntaje: cantidad de emparejamientos correctos entre términos e imágenes en un test de vocabulario (pre-test o post-test).

Retención: diferencia entre puntaje de post-test y pre-test.

$$retención = puntaje(postTest) - puntaje(preTest)$$

A continuación se muestran los análisis de los resultados del test de vocabulario (pre-test y post-test). Primero se incluyen los análisis por grupo (género y nivel) y más adelante por modo y escena.

6.5.3. Motivación para el aprendizaje

En base a estos contadores registrados en las estadísticas de la aplicación (correcto, incorrecto, visitado, completado), se construyeron dos indicadores: precisión y persistencia.

Precisión: cociente entre la cantidad de emparejamientos correctos y el total de emparejamientos durante la interacción en un determinado modo. Corresponde a la proporción de emparejamientos correctos en relación al total.

$$precisión = \frac{correcto}{correcto + incorrecto}$$

Persistencia: suma entre la cantidad de veces que se terminó un modo y el inverso de la cantidad de veces que fue visitado. No tiene un significado específico ni una unidad de medida, pero permite comparar (y ordenar) los modos. Mientras más veces fue completado, mayor es la persistencia, y se considera que el usuario tiene una mayor propensión a interactuar con una escena a través del modo. Para dos modos que han sido completados igual cantidad de veces, la persistencia es mayor si ha sido visitado menos veces (ya que en ese caso, la proporción entre completado y visitado es mayor).

$$persistencia = completado + \frac{1}{visitado}$$

6.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la actividad con los usuarios fueron ordenados, tabulados e ingresados al software de análisis estadístico IBM SPSS Statistics.

6.6.1. Descripción de los datos

A continuación se entregan los principales estadísticos descriptivos de los resultados obtenidos, correspondientes a los distintos instrumentos utilizados.

En la Tabla 6 se incluyen el mínimo, el máximo, la media aritmética y la desviación típica de los puntajes correspondientes al pre-test y al post-test, y del nivel de retención.

Tabla 6: Descripción de datos para Test de vocabulario

Indicador	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Pre-test (pje.)	0	3	0,80	0,866
Post-test (pje.)	0	5	1,80	1,756
Retención	-1	5	1,00	1,500

En la Tabla 7 se muestra la calificación “promedio” para las preguntas de la encuesta de experiencia, según una escala Likert de 3 grados (“De acuerdo”, “Neutro”, “De acuerdo”). Se trabajó con una escala numérica para procesar los datos (3 = “De acuerdo”, 2 = “Neutro”, 1 = “De acuerdo”). Los promedios de estos registros numéricos fueron aproximados para ubicarlos dentro de la escala nominal.

Tabla 7: Descripción de datos para Encuesta de experiencia

Pregunta	Descripción	Media
A1	Buscar - Me gusta el personaje	De acuerdo
A2	Buscar - Es difícil moverlo	Neutro
A3	Volar - Me gusta el personaje	De acuerdo
A4	Volar - Es difícil moverlo	Neutro
A5	Encerrar - Me gusta el personaje	De acuerdo
A6	Encerrar - Es difícil moverlo	Neutro
A7	Saltar - Me gusta el personaje	De acuerdo
A8	Saltar - Es difícil moverlo	Neutro
A9	Evaluación - Me gusta el personaje	De acuerdo
A10	Evaluación - Es difícil moverlo	En desacuerdo
B1	Me gustó el juego	De acuerdo
B3	Volvería a jugarlo	De acuerdo
B4	Le recomendaría el juego a mis amigos	De acuerdo
B7	El juego es entretenido	De acuerdo

En la Tabla 8 se incluyen los descriptores para los registros de las Estadísticas de la aplicación, por cada modo y en total.

Tabla 8: Descripción de datos para Estadísticas de la aplicación

Modo	Indicador	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Buscar	Completado	0,00	2,00	1,00	0,42
	Visitado	0,00	3,00	1,17	0,64
	Persistencia	0,00	2,50	1,88	0,47
Volar	Completado	0,00	2,00	0,83	0,48
	Visitado	0,00	5,00	1,21	0,98
	Persistencia	0,00	2,33	1,74	0,61

Encerrar	Completado	0,00	1,00	0,25	0,44
	Visitado	0,00	1,00	0,71	0,46
	Persistencia	0,00	2,00	1,28	0,57
Saltar	Completado	0,00	1,00	0,46	0,51
	Visitado	0,00	1,00	0,92	0,28
	Persistencia	0,00	2,00	1,43	0,59
Evaluación	Completado	1,00	4,00	2,13	0,99
	Visitado	1,00	4,00	2,17	1,05
	Persistencia	0,00	4,25	2,60	0,90
Total	Completado	0,00	8,00	4,48	1,98
	Visitado	0,00	10,00	5,92	2,25
	Persistencia	0,00	8,13	4,65	1,97
Buscar	Correcto	0,00	10,00	5,04	2,10
	Incorrecto	0,00	22,00	4,83	6,16
	Precisión	0,00	1,00	0,56	0,31
Volar	Correcto	0,00	10,00	4,46	1,98
	Incorrecto	0,00	3,00	0,92	0,88
	Precisión	0,00	1,00	0,73	0,31
Encerrar	Correcto	0,00	5,00	2,04	2,03
	Incorrecto	0,00	2,00	0,13	0,45
	Precisión	0,00	1,00	0,66	0,47
Saltar	Correcto	0,00	5,00	2,63	2,28
	Incorrecto	0,00	9,00	1,83	2,24
	Precisión	0,00	1,00	0,49	0,40
Evaluación	Correcto	5,00	20,00	10,71	5,05
	Incorrecto	1,00	15,00	6,00	4,05
	Precisión	0,00	0,91	0,62	0,20
Total	Correcto	0,00	40,00	23,88	9,62
	Incorrecto	0,00	40,00	13,16	9,97
	Precisión	0,00	0,95	0,64	0,20

Adicionalmente, se incluyen los principales estadísticos para el tiempo de duración de la experiencia (Tabla 9), medido desde que el usuario recibe el dispositivo hasta que lo entrega.

Tabla 9: Descripción de datos para el tiempo

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Tiempo [min]	5,00	17,70	12,3840	3,31947

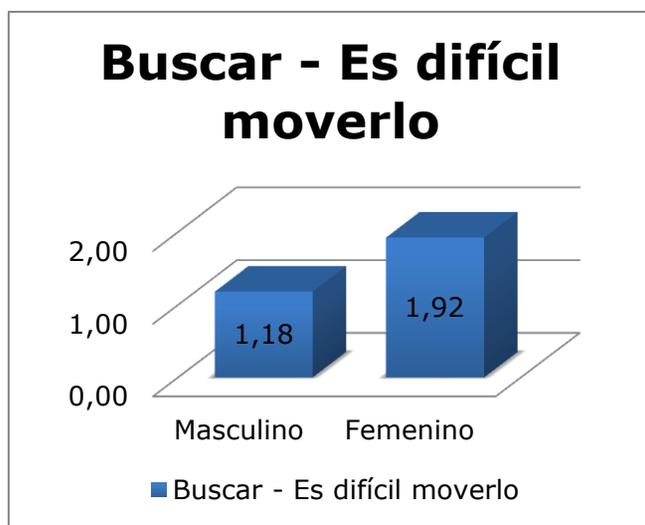
6.6.2. Género

Se realizó un test-T para determinar la significancia de la diferencia entre géneros en relación a las variables medidas.

En general, se obtuvo que ambos grupos (hombres y mujeres) no presentan diferencias significativas en relación a los aspectos medidos.

La única medición que presenta una diferencia estadísticamente significativa es la opinión de los usuarios en relación a la dificultad para mover el personaje del modo Buscar (Gráfico 1).

Gráfico 1: Calificación de dificultad de movimiento – Buscar. La escala es una conversión numérica de una escala Likert (1 = “En desacuerdo”, 2 = “Neutro”, 3 = “De acuerdo”)



El personaje del modo Buscar se mueve mediante un gesto de arrastre. Se observó que para la mayoría de los usuarios fue muy complicado realizar este gesto en particular (comentarios al respecto en la sección Gestos). Sin embargo, no se apreció ninguna diferencia importante en relación al comportamiento entre mujeres y hombres. Se infiere que la variación arrojada por el análisis se debe a la construcción del instrumento (encuesta de experiencia).

6.6.3. Escena

Se realizó un test ANOVA para comparar las medias de cada variable agrupadas por escena y determinar la significancia de la diferencia entre los grupos.

No existen diferencias significativas para ninguna medición. Por lo tanto, se concluye que la escena no es un factor que influye en el comportamiento de las variables estudiadas (memorización y motivación). Esto es consistente con los resultados esperados. Se propone que las diferencias en la interacción afectan la memorización y la motivación, y no necesariamente las características o contenido de una escena.

6.6.4. Nivel

Se realizó un test ANOVA para comparar las medias de cada variable agrupadas por nivel y determinar la significancia de la diferencia entre los grupos.

Existen diferencias significativas en relación a la persistencia y la precisión entre los niveles, tanto en algunos modos en particular como en general.

i. Persistencia

La cantidad de veces que el usuario terminó el modo Encerrar presenta diferencias estadísticamente significativas entre los niveles. En el Gráfico 2 es posible apreciar que en promedio, los usuarios de 2º Básico lograron completar este modo 0,8 veces, lo que corresponde aproximadamente a 8 veces más que los usuarios de kínder (0,11 veces) y 1º básico (0,1 veces). Entre estos dos últimos grupos no se observan diferencias importantes.

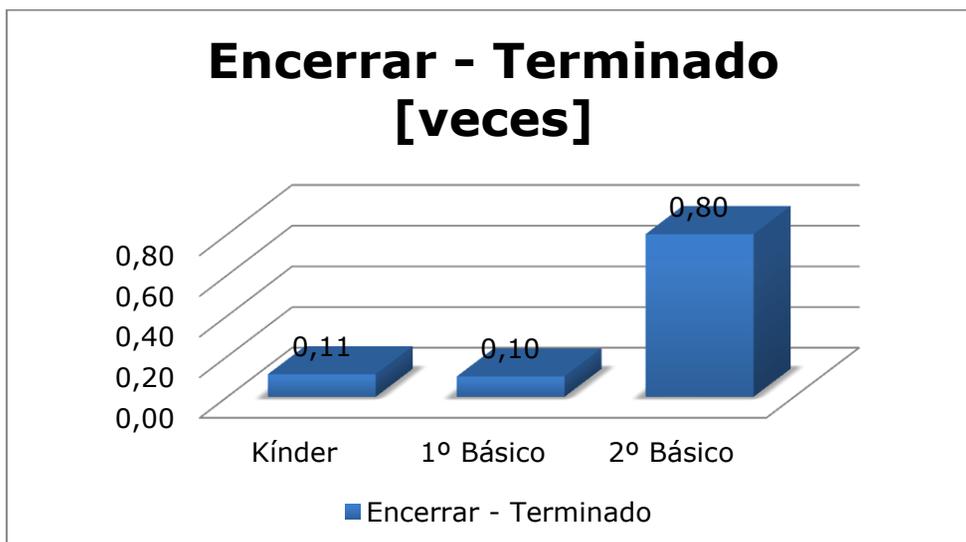
En base a las observaciones realizadas, se señala que estas diferencias se pueden deber a la frustración de los usuarios al interactuar con las escenas a través del modo Encerrar y a su nivel de madurez. Los usuarios de los distintos niveles se comportaron aproximadamente de acuerdo al siguiente patrón:

- a. Ver tutorial (en caso de no comprender el gesto, el fiscalizador realizó una demostración de ejemplo)
- b. Mover el personaje
- c. Intentar encerrar una imagen
- d. Si el intento es exitoso (el objetivo es correctamente emparejado, o se muestra el feedback que indica correspondencia errónea), el usuario continúa emparejando objetivos hasta completar el modo
- e. Si el intento no es exitoso (no hay feedback al terminar un trazo), el usuario vuelve a intentar encerrar una imagen (la misma o una diferente)
- f. Si no se logra un intento exitoso después de una serie de intentos, el usuario manifiesta frustración (verbal o no verbalmente) y deja de interactuar con la escena. En este caso, se le sugiere cambiar de personaje (modo)

Las principales disimilitudes se observaron en los pasos (e) y (f). El paso (e) corresponde al entrenamiento del uso del gesto. Para los usuarios de kínder y 1º básico, se apreció que este proceso tomó más tiempo que en el caso de aquellos de 2º básico. Además, la mayoría alcanzó un estado de frustración (f) que les impidió seguir interactuando con la escena.

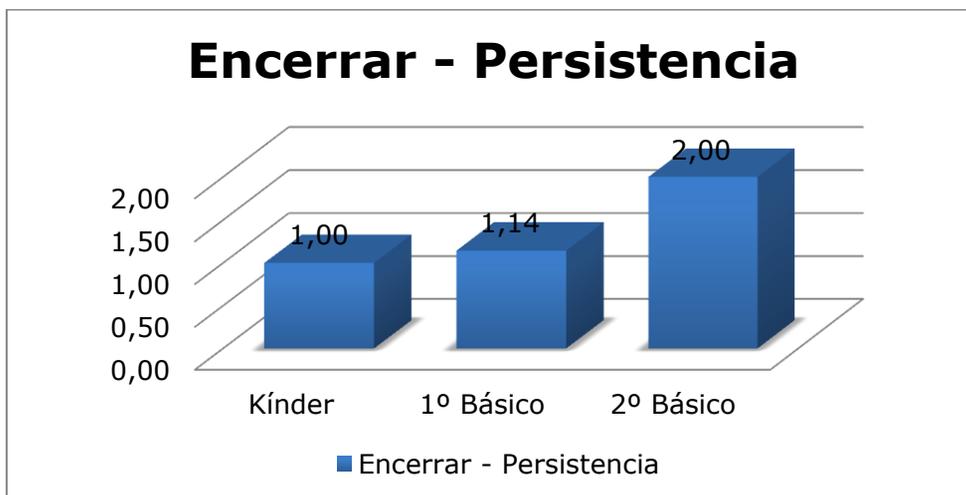
El principal problema observado fue la realización del gesto de arrastre. Los detalles se explican en la sección Gestos.

Gráfico 2: Cantidad de veces que se terminó el modo Encerrar



La persistencia de este modo también presenta diferencias significativas entre los grupos. Se observa en el Gráfico 3 que los usuarios de 2º básico presentan un nivel de persistencia de aproximadamente el doble que aquellos de kínder y 1º básico. Esto se justifica directamente por los resultados explicados previamente en relación a la cantidad de veces que se terminó el modo. Como los alumnos de 2º básico completaron el modo, en promedio, más veces que sus compañeros de los otros niveles, se espera que vuelvan a utilizarlo con mayor frecuencia que los usuarios de kínder y 1º básico.

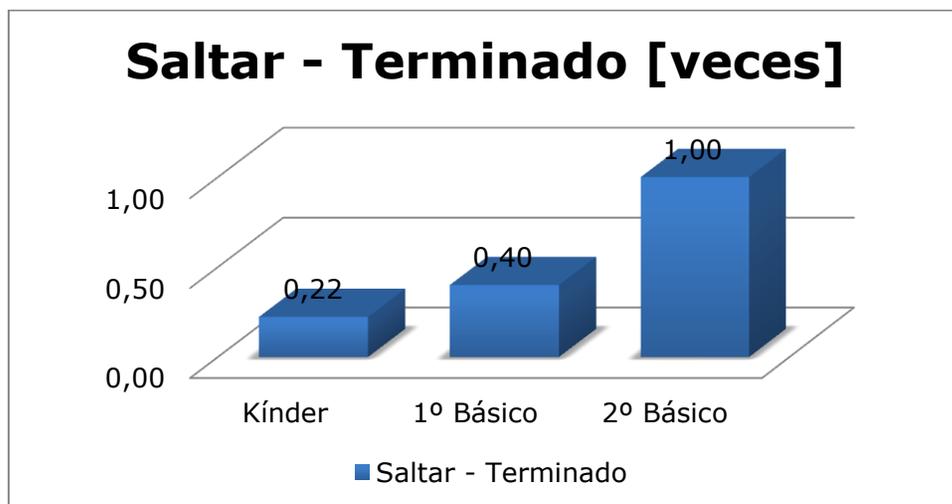
Gráfico 3: Persistencia del modo Encerrar



Estos mismos índices aplicados al modo Saltar también presentan diferencias significativas entre los grupos. En el Gráfico 4 se observa que la cantidad de veces que los usuarios de 2º básico completaron el modo en promedio (1,00) es más del doble que la que corresponde a aquellos de kínder (0,22) y 1º básico (0,40). El causante de esta variación es un problema análogo al explicado para el modo Encerrar.

En el caso del modo Saltar, la frustración fue alcanzada por los usuarios después de pocos intentos fallidos, en el caso de alumnos de kínder y 1º básico, y no apareció en alumnos de 2º básico, quienes lograron dominar el gesto después del periodo de entrenamiento. Esta frustración les impidió completar el modo.

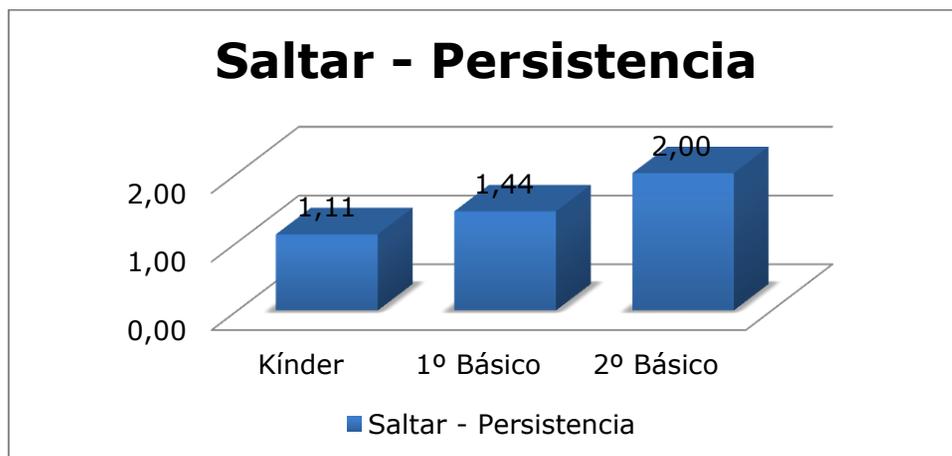
Gráfico 4: Cantidad de veces que se terminó el modo Saltar



En forma análoga al modo Encerrar, la persistencia del modo Saltar también presenta diferencias significativas entre grupos. Del Gráfico 5 se desprende que para los usuarios de 2º básico, la persistencia (2,00) es aproximadamente 1,8 veces mayor que la asociada a kínder (1,11) y cerca de 1,4 veces mayor que la asociada a 1º básico (1,44).

La razón de esta variación es la diferencia entre el promedio de la cantidad de veces que fue completado el modo por cada grupo. Como, en promedio, los usuarios de 2º básico completaron más veces el modo que los alumnos de los niveles inferiores, se infiere que tenderán a utilizarlo con mayor frecuencia que estos últimos.

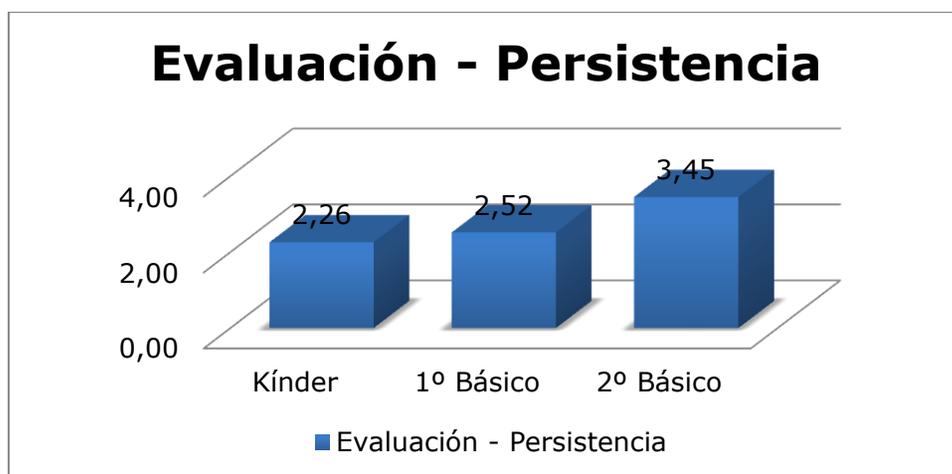
Gráfico 5: Persistencia del modo Saltar



En relación a la persistencia en el módulo de Evaluación, también existen diferencias significativas entre los grupos, cuyos resultados se muestran en el Gráfico 6. Los alumnos de 2º básico presentan una persistencia (3,45) de cerca de 1,5 veces la de los alumnos de kínder (2,26) y aproximadamente 1,4 veces la de los alumnos de 1º básico (2,52).

No existen diferencias significativas entre los grupos, en relación a la cantidad de veces que fue completado el módulo de Evaluación, ni tampoco a la cantidad de veces que fue visitado. Sin embargo, la combinación de estos índices a través de la persistencia indica que los alumnos de 2º básico serían más propensos a utilizar el módulo de evaluación que sus compañeros de niveles inferiores.

Gráfico 6: Persistencia del módulo de Evaluación



En los tres casos, es decir, en relación a los modos Encerrar (Gráfico 3), Saltar (Gráfico 5) y el módulo de Evaluación (Gráfico 6), se observa una tendencia al aumento progresivo de la persistencia a medida que aumenta el nivel.

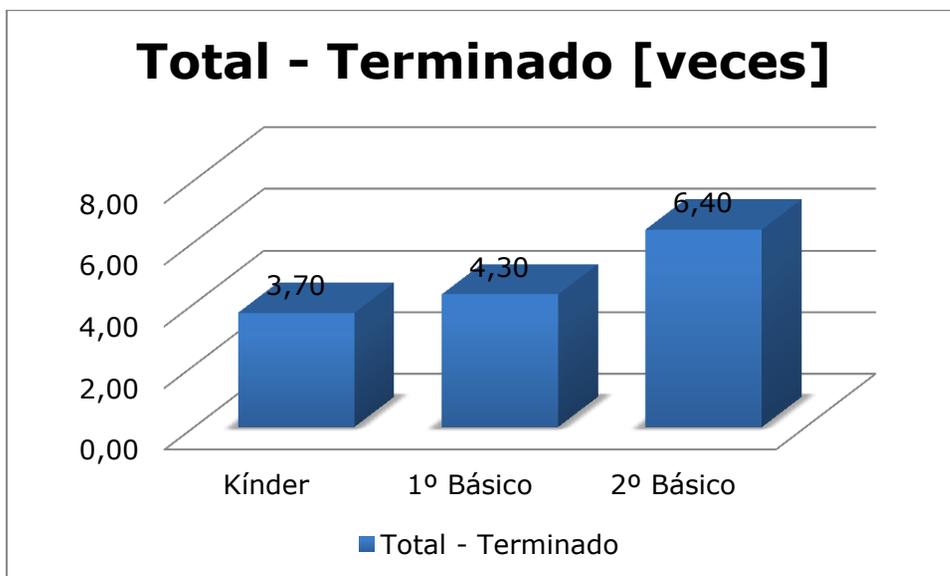
Esto está en directa correspondencia con la edad de los usuarios, y por lo tanto, con su desarrollo emocional. El nivel de tolerancia ante resultados inesperados depende de este desarrollo, y se deduce que influye en el comportamiento de los usuarios al interactuar con la aplicación (particularmente en relación al movimiento de los personajes).

También existe una diferencia significativa en la cantidad total de veces que se completaron los modos (que incluye las estadísticas de todos los modos) entre los grupos. En el Gráfico 7 se observa que los alumnos de 2º básico completaron los modos (6,40 veces) aproximadamente 1,7 veces más frecuentemente que los estudiantes de kínder (3,70 veces) y cerca de 1,5 veces más frecuentemente que los estudiantes de 1º básico (4,30 veces).

Se infiere que el nivel de desarrollo emocional es uno de los factores que explica este comportamiento. Probablemente los usuarios de 2º básico completan más

frecuentemente los modos porque tienen una mayor tolerancia a la frustración. Además, su destreza psicomotora se encuentra más desarrollada que la de sus compañeros de niveles inferiores, por lo que la realización de los gestos se logra antes de frustrarse.

Gráfico 7: Cantidad de veces que los modos fueron completados (total)

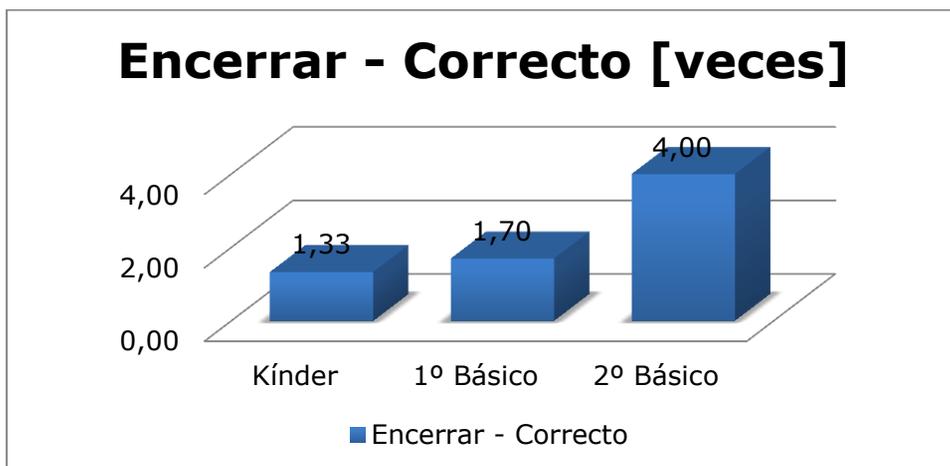


ii. Precisión

La cantidad de veces que los objetivos fueron emparejados correctamente en el modo Encerrar presenta una diferencia significativa entre los grupos. En el Gráfico 8 se observa que los alumnos de 2º básico realizaron en promedio 4,00 emparejamientos correctos, lo que corresponde aproximadamente a 3 veces la cantidad correspondiente al promedio de kínder (1,33 veces) y 2,3 veces la cantidad asociada a 1º básico (1,70 veces).

Esta diferencia probablemente se debe a la dificultad que mostraron los usuarios para realizar el gesto, especialmente aquellos de kínder y 1º básico. Los alumnos de 2º básico poseen un mayor nivel de desarrollo psicomotor, por lo que les resulta menos difícil el trazado del gesto, y pueden concentrarse más en la correspondencia de expresiones (y por lo tanto, obtener más aciertos).

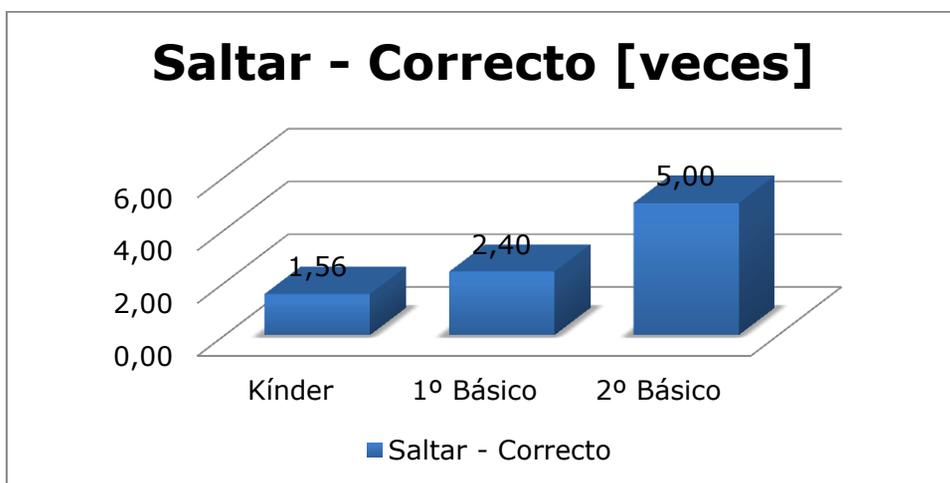
Gráfico 8: Cantidad de emparejamientos correctos en el modo Encerrar



De forma similar, existe una diferencia significativa entre los grupos en relación a la cantidad de emparejamientos correctos en el modo Saltar. En el Gráfico 9 se aprecia que el promedio de aciertos de los alumnos de 2º básico (5,00 veces) es aproximadamente 3 veces más que el de aquellos de kínder (1,56 veces) y cerca de 2 veces más que el promedio de los alumnos de 1º (2,40 veces).

Esto se explica por razones análogas a lo observado en el modo Encerrar. Debido a que los alumnos de kínder y 1º básico probablemente ponen más atención en la realización del gesto que en la correspondencia de objetivos, logran acertar con menor frecuencia que sus compañeros de 2º básico.

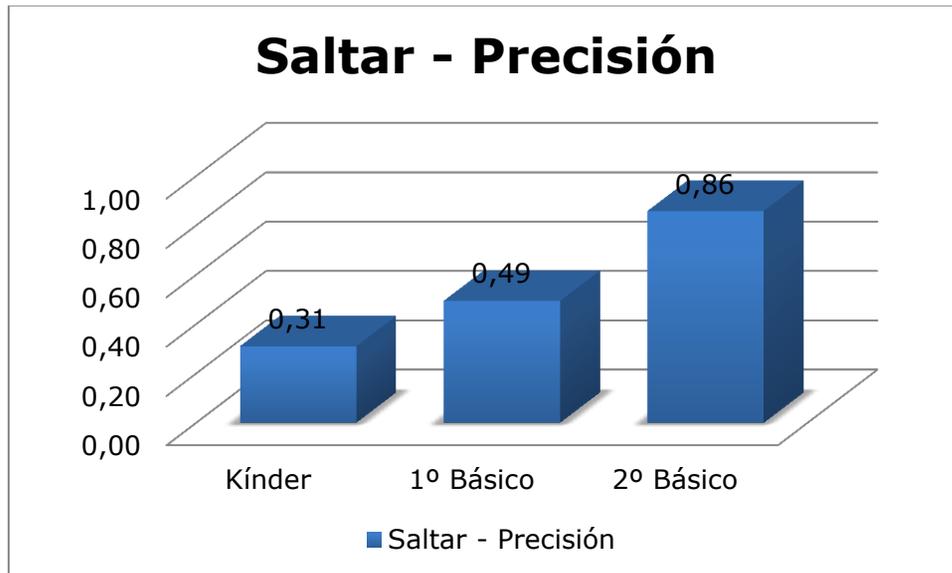
Gráfico 9: Cantidad de emparejamientos correctos en el modo Saltar



La precisión en el modo Saltar también presenta diferencias significativas entre los grupos (Gráfico 10). Los alumnos de 2º básico alcanzaron un promedio de precisión de 0,86, cerca de 2,7 veces más que el promedio de los alumnos de kínder (0,31), y aproximadamente 1,8 veces más que el promedio de los alumnos de 1º básico (0,49).

Esta diferencia se explica por el razonamiento previo en relación a la cantidad de aciertos en el modo Saltar. Debido a que los alumnos de 2º básico logran dominar mejor el gesto, pueden enfocar su atención en la correspondencia y lograr una mayor cantidad de aciertos, mientras que sus compañeros de niveles inferiores tienen una precisión inferior, porque concentran sus esfuerzos en la realización del gesto.

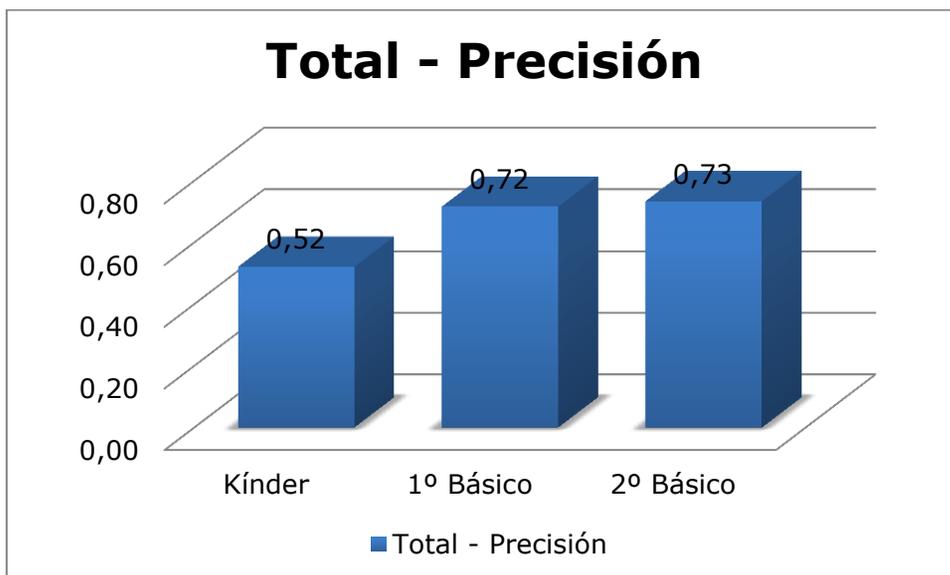
Gráfico 10: Precisión en modo Saltar



En relación a la precisión total (que incluye las estadísticas de todos los modos), existen diferencias significativas entre los grupos (Gráfico 11). En este caso, no existen diferencias importantes entre los promedios de precisión para los alumnos de 1º básico (0,72) y 2º básico (0,73), pero sí entre estos y el promedio de precisión para los alumnos de kínder (0,52), aproximadamente 1,4 veces inferior.

La diferencia entre los dos niveles mayores y kínder se justifica por las evidencias previamente discutidas en relación a la atención de los usuarios. Sin embargo, la similitud entre la precisión de 1º básico y 2º básico se puede explicar por el uso de distintos gestos. Probablemente, pese a que fue más complicado para los alumnos de 1º básico lograr aciertos con los gestos de los modos Encerrar y Saltar, no lo fue tanto con los otros modos (Buscar, Volar y Evaluar). Se desprende que, tal vez, si se eliminan los gestos que causan una desviación de la atención de los alumnos de 1º básico, podrían alcanzar niveles similares de precisión de los alumnos de 2º básico.

Gráfico 11: Precisión (total)



6.6.5. Modo

Se realizó un test ANOVA para comparar las medias de las distintas mediciones entre los datos agrupados por modo. Pese a que el módulo de Evaluación no constituye un “modo” según la definición, se tratará como uno para efectos del análisis, porque las mediciones aplicadas sobre este módulo son comparables con las de los modos.

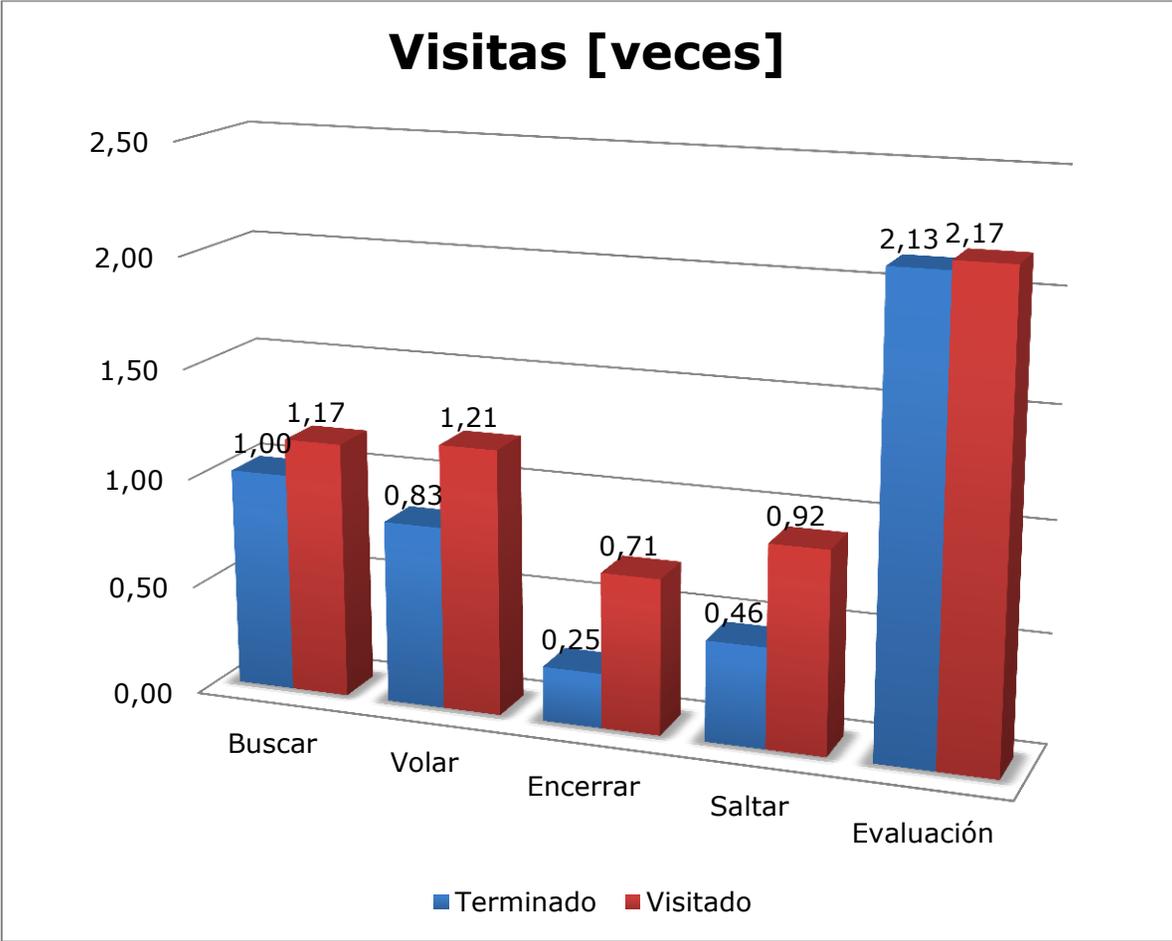
Se observan diferencias significativas en la cantidad de veces que se completaron los modos. En el Gráfico 12 se aprecia que si los modos son ordenados crecientemente por el promedio de la cantidad de veces que fueron completados, la secuencia corresponde a Encerrar (0,25), Saltar (0,46), Volar (0,83), Buscar (1,00) y Evaluación (2,13). Es importante destacar que el módulo de Evaluación fue completado más del doble de veces, en promedio, que el modo Buscar, con el segundo mejor promedio.

En base a las observaciones realizadas, se infiere que, por un lado, en general los usuarios lograron dominar rápidamente el gesto compuesto necesario para seleccionar un objetivo (arrastre y pellizco) en el módulo de Evaluación. Por lo tanto, la frustración era baja, y tendían a completar el módulo sin problemas. Por otro lado, este módulo cuenta con una recompensa explícita en caso de ser completado, lo que probablemente incentiva al usuario a completar el módulo.

Además, existen diferencias significativas en relación a la cantidad de veces que los modos fueron visitados. En el mismo Gráfico 12, si se ordenan crecientemente los modos según la cantidad de veces que se visitaron se obtiene la siguiente secuencia: Encerrar (0,71), Saltar (0,92), Buscar (1,17), Volar (1,21) y Evaluación (2,17). De manera similar al caso de la cantidad de veces que fueron completados, el módulo de Evaluación alcanza en promedio aproximadamente el doble de veces que Volar, con el segundo mejor promedio.

Esto se explica en parte por el diseño de la aplicación. Para acceder al módulo de Evaluación, es necesario haber completado cualquier modo primero. Sin embargo, utilizar el módulo de Evaluación es opcional. Es decir, un usuario puede estudiar una escena a través de distintos modos sin entrar al módulo de Evaluación, y es un comportamiento esperado y aceptado como normal. Si se suman los promedios de la cantidad de veces que fueron completados los modos, excluyendo el módulo de Evaluación, se obtiene un total de 2,54. Comparando el total con el promedio de la cantidad de veces que fue visitado el módulo de Evaluación (2,17), se concluye que aproximadamente un 85% de las veces que un modo fue completado, el usuario decidió también acceder al módulo de Evaluación. Se espera que en un contexto normal de uso de la explicación (una vez que el período de entrenamiento ha sido superado) este porcentaje sea mayor, e idealmente, el usuario se sienta estimulado a utilizar este módulo siempre.

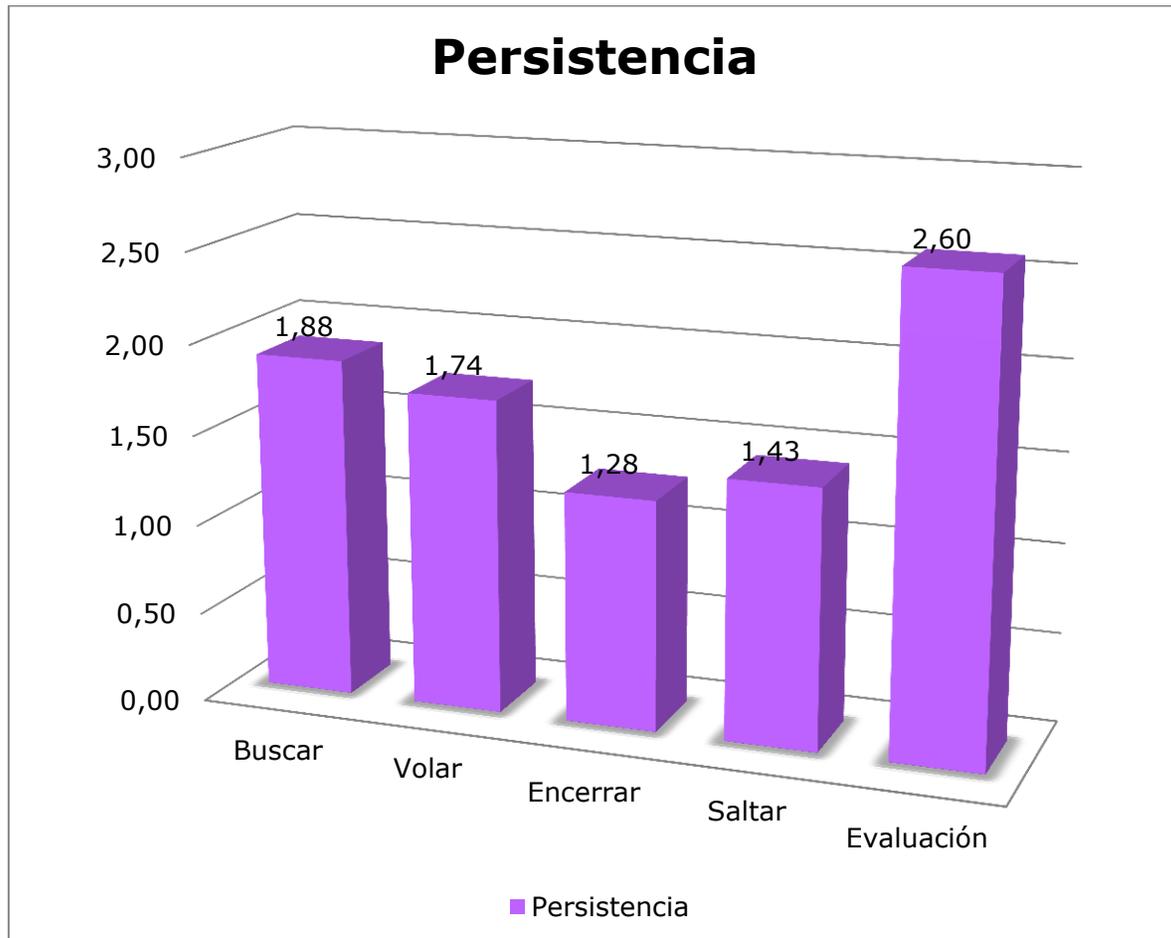
Gráfico 12: Cantidad de veces que los modos fueron completados y visitados



También se observan diferencias significativas en la persistencia de los modos. En el Gráfico 13 se observa que el módulo de Evaluación tiene el mayor nivel de persistencia (2,60), lo que significa que los usuarios tenderán a volver a utilizarlo con mayor frecuencia que los demás modos cuando utilicen la aplicación. Esto concuerda con los

objetivos principales de la aplicación, que son la memorización de expresiones y la motivación para el aprendizaje. Con respecto a la memorización, el módulo de Evaluación es la sección de la aplicación que contribuye significativamente con este proceso, ya que obliga al usuario a recordar las expresiones aprendidas para interactuar. En relación a la motivación, al ser la sección con mayor persistencia, constituye un punto de atracción para el usuario, y puede estimular la repetición de la actividad, elemento esencial en el aprendizaje.

Gráfico 13: Persistencia de modos



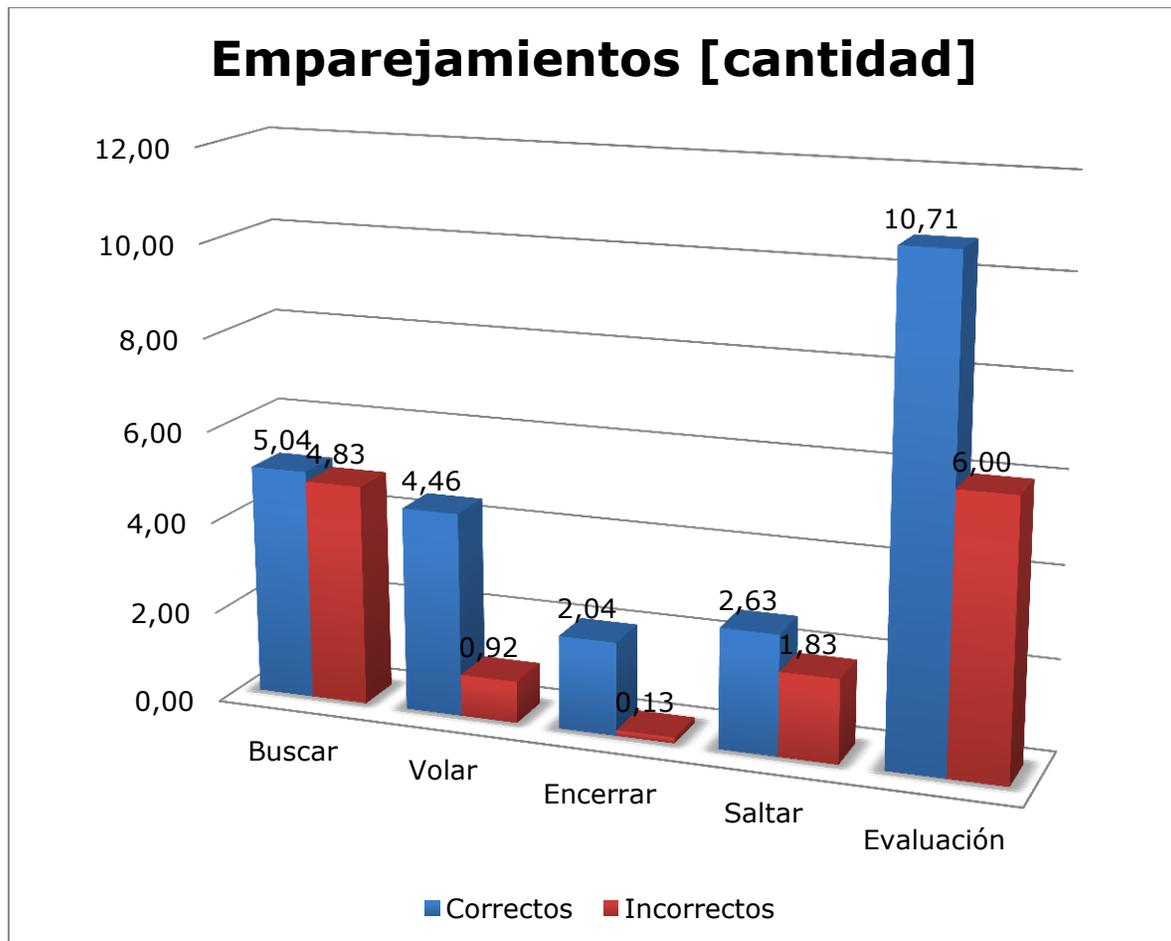
También existen diferencias significativas en relación al acierto en los emparejamientos. En el Gráfico 14 se muestran tanto los promedios de emparejamientos correctos como incorrectos por modo. No hay diferencias significativas entre las medias de emparejamientos incorrectos, sin embargo, se incluyen de todas maneras, porque no es posible realizar un análisis aislado de los emparejamientos correctos.

El mayor promedio de emparejamientos correctos corresponde al módulo de Evaluación (10,71), seguido en orden decreciente por los modos Buscar (5,04), Volar (4,46), Saltar (2,63) y Encerrar (2,04). Se observa que la media asociada al módulo de Evaluación

equivale a aproximadamente el doble de la segunda mayor media, alcanzada por el modo Buscar.

En base a las observaciones realizadas y a las discusiones previas, esta diferencia se explica por la cantidad de veces que se utilizó cada modo. Como el módulo de Evaluación tiene el mayor índice de persistencia, significa que los usuarios lo completan con mayor frecuencia, y para lograr esto, necesariamente deben realizar un mayor número de emparejamientos.

Gráfico 14: Cantidad de emparejamientos correctos e incorrectos



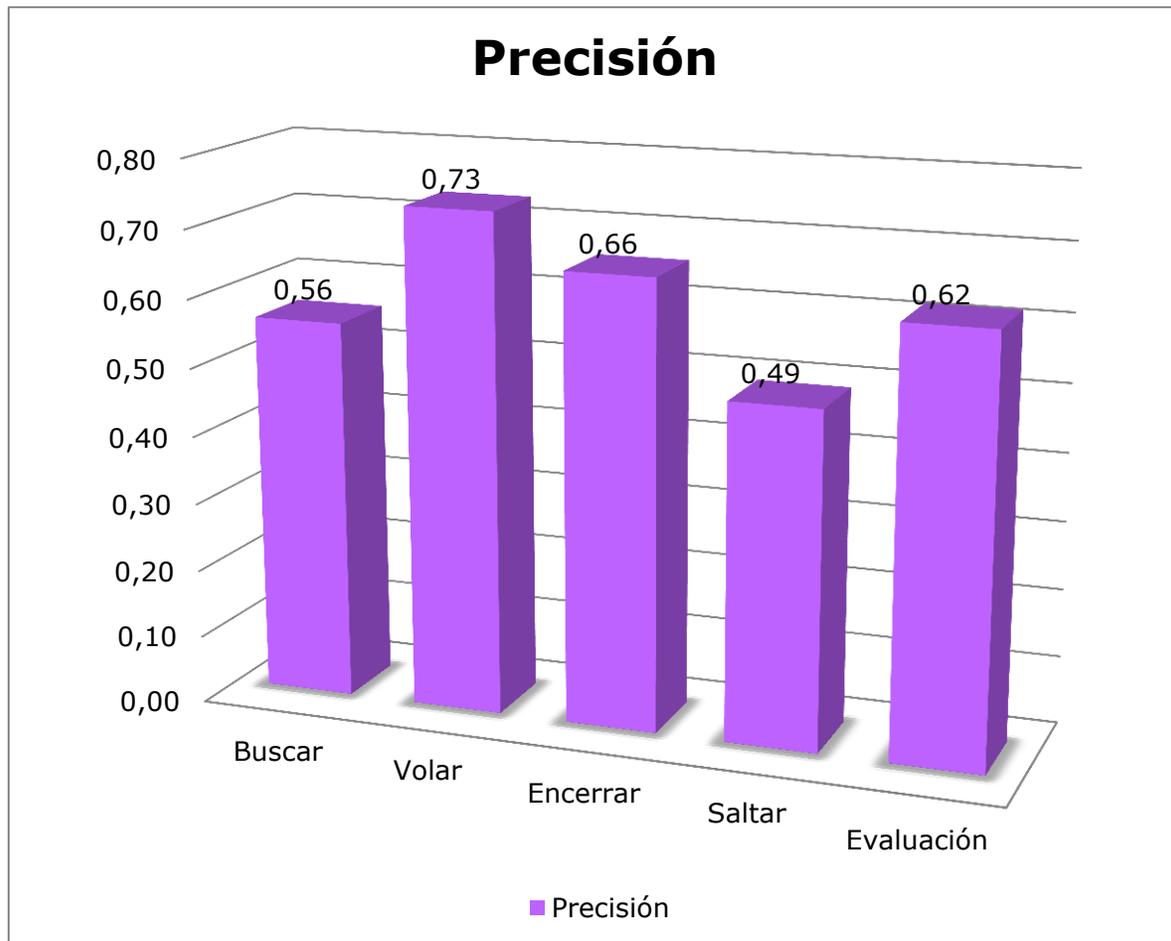
Para profundizar el análisis, es necesario comparar la cantidad de emparejamientos correctos con la cantidad de emparejamientos incorrectos, lo que se hace estudiando el comportamiento de la precisión.

En el Gráfico 15 se observa que el modo con mayor precisión es Volar (0,73), seguido en orden decreciente por Encerrar (0,66), el módulo de Evaluación (0,62), Buscar (0,56) y Saltar (0,49).

Si bien la precisión no presenta diferencias significativas entre los distintos modos, permite verificar el nivel de acierto del usuario en cada uno. Es interesante notar que el

modo Volar tiene la mejor precisión. Tomando como referencia las observaciones realizadas, se indica que los alumnos no tuvieron grandes problemas para dominar la interacción de este modo (que involucra el uso del acelerómetro). Por esto, se infiere que los usuarios disminuyen la cantidad de asignamientos incorrectos producidos por error en el manejo de los personajes.

Gráfico 15: Precisión de modos



Por otra parte, se realizó un test χ^2 para determinar las diferencias de distribución en relación a la preferencia de los usuarios por los modos.

Para el caso de la pregunta “¿Cuál es el personaje que más te gustó?” contenida en la encuesta de experiencia, se encontraron diferencias significativas en las frecuencias entre los modos (Gráfico 16). El 48% de los usuarios escogió el personaje asociado al módulo de Evaluación como su personaje favorito. Las preferencias de los modos restantes ordenadas decrecientemente son: Volar (32%), Buscar (12%), Saltar y Encerrar (4% ambos).

Al responder esta pregunta, se les pidió a los usuarios una justificación sobre su elección. Aquellos que eligieron el módulo de Evaluación como su favorito, argumentaron que les gustó la forma en que había que mover el personaje (particularmente, el estiramiento del “cuello”). En el caso de la segunda mayoría, obtenida por el modo Volar, gran parte de los alumnos comentó que le gustaba el personaje, sin aludir a la interacción necesaria para moverlo.

Gráfico 16: Preferencia de personajes: ¿Cuál fue el personaje que más te gustó?



En el caso de la pregunta “¿Cuál fue el personaje que menos te gustó?”, no existen diferencias significativas en las frecuencias entre los modos (Gráfico 17). Sin embargo, es importante destacar que las dos primeras preferencias corresponden a los modos Encerrar (29%) y Saltar (25%). Esto es consistente con los resultados obtenidos para la persistencia de estos modos (sus niveles de persistencia son los más bajos entre los modos). La principal razón esgrimida por los usuarios para escoger uno de estos dos modos como el menos favorito, es la dificultad para realizar el gesto necesario para mover el personaje.

Gráfico 17: Preferencia de personajes: ¿Cuál fue el personaje que menos te gustó?



6.7. Resumen de observaciones

Durante la experiencia, se registraron acciones, actitudes y comentarios interesantes realizados por los usuarios, para apoyar los análisis y descubrir comportamientos inesperados en relación a la interacción con la aplicación.

6.7.1. Gestos

Toque: el gesto de toque fue muy complicado de realizar para la mayoría de los usuarios, especialmente quienes cursaban kínder y 1º básico. Cuando la aplicación requería un toque, generalmente realizaban lo que se reconoce como pulsación o toque prolongado. Debido a que funcionalidades importantes de la aplicación se desencadenan cuando se detecta el toque (navegación, burbujas de texto), fue un problema considerable en relación a la interacción.

Toques múltiples: en muchas ocasiones, los usuarios interactuaban correctamente con su mano dominante al realizar los gestos, pero con la otra mano tocaban accidentalmente la pantalla. Esto provocaba que el dispositivo reconociera un gesto de toque múltiple, produciendo resultados inesperados (cambio de posición discontinuo del personaje, por ejemplo). Esto se podría solucionar no aceptando toques múltiples, o bien, aceptarlos pero procesarlos con cuidado para determinar cuándo han sido realizados intencionalmente.

Pellizco: este gesto fue aprendido por la mayoría de los usuarios con facilidad, y fue logrado de distintas maneras. Las tres más utilizadas fueron: utilizando el pulgar e

índice de la mano dominante, el índice y medio de la mano dominante, o los índices de ambas manos.

Arrastre: este gesto, que es parte de muchas funcionalidades esenciales de la aplicación (exploración de tablas, control de personajes de los modos Buscar, Encerrar y módulo de Evaluación), fue difícil de lograr para los usuarios. Se infiere que esto se debe a la flexibilidad de sus dedos. Por esta característica, al apoyar el dedo y hacer fuerza para arrastrar un objeto, la superficie de contacto es mayor que la necesaria, y el dispositivo algunas veces interpreta esto de manera inesperada (por ejemplo, como toque múltiple).

6.7.2. Funcionalidad

Prueba y error: algunos usuarios no utilizaron la funcionalidad de “consulta” a objetivos, realizando la correspondencia con el personaje por prueba y error. No está claro si esto se debe a que no entendieron esta característica, o si su recordabilidad no era adecuada.

Diferenciación de funcionalidades de imágenes: intencionalmente, se incluyeron escenas con una imagen de fondo simple (At the beach) y otras con fondo muy detallado (Toys), para determinar si los usuarios lograban identificar correctamente los elementos funcionales o no. Visualmente, las imágenes que corresponden a objetivos tienen un globo de texto encima animado permanentemente. Los personajes también poseen esta característica, y adicionalmente su imagen también está animada. Sin embargo, algunos alumnos no lograron distinguir dibujos pertenecientes al fondo de la imagen de objetivos interactivos. Por ejemplo, en la escena Toys, algunos usuarios intentaban interactuar con el dibujo de un cuadro que forma parte de la imagen de fondo de la escena, y no corresponde a un objetivo. Además, algunos no lograron recordar la funcionalidad asociada a las burbujas de texto (posibilidad del objeto asociado de ser “consultado” y reproducir la expresión correspondiente). En el módulo de Evaluación, los objetivos no poseen burbujas de texto, identificándolos como “no consultables”; sin embargo, algunos alumnos intentaron repetidas veces obtener feedback, infructuosamente.

Repaso: una vez que los objetivos han sido asignados correctamente, son reubicados en la barra superior de la pantalla. En ese lugar, pueden ser consultados en cualquier momento. Sin embargo, ningún usuario utilizó esta característica.

6.7.3. Navegación

Botón “atrás”: su ubicación en la vista de escena hacía que algunos usuarios lo presionaran accidentalmente durante la experiencia. Sin embargo, fue un error recuperable, ya que reingresaban a la escena.

Botón “tutorial”: la mayoría de los usuarios recurrió al botón al ingresar a una escena con un personaje nuevo, y recordaron cómo cerrarlo (toque en el botón o fuera del área

del video). Sin embargo, en algunos casos fue confundido con el botón “atrás”, probablemente por su proximidad. Como medida de prevención de este error, se usaron colores diferentes para estos botones.

Botón “evaluación”: cuando el usuario logra completar un modo, este botón “aparece” en el extremo superior derecho, y simultáneamente se reproduce un sonido como reconocimiento del fin de la tarea. Sin embargo, muchos usuarios no sabían qué hacer una vez que habían completado un modo. En esos casos, fue necesario indicarles que podían jugar la nueva etapa alcanzada, o elegir otro personaje.

6.7.4.Modos

Rango de movimiento de personajes: existe un rango definido para el movimiento de los personajes, que corresponde a la región visible de la pantalla (excepto en el módulo de Evaluación). En la implementación, el rectángulo definido por esta región se utiliza como límite para la posición del centro de la imagen del personaje. Sin embargo, sería mejor considerar este límite para la imagen completa. Cuando ocurrieron eventos inesperados, generalmente el personaje terminaba ubicado automáticamente al borde de la pantalla o en una esquina, y solo era visible la mitad o un cuarto de la imagen.

Control del movimiento (modo Volar): en general, los usuarios lograron controlar el movimiento del personaje correctamente. Para los primeros usuarios, la experiencia fue realizada con el alumno sentado en una silla con los brazos apoyados sobre una mesa. En este caso, el movimiento del personaje “hacia arriba” fue el más complicado de realizar, porque al girar el dispositivo en ese sentido, se perdía visibilidad de la pantalla. Esto mejoró cuando la experiencia se realizó con los alumnos sobre la silla, pero sin apoyar los brazos en la mesa, o bien sentados en el suelo. Esto les daba más libertad de movimiento y les permitía manejar mejor el personaje.

Trazo continuo (modo Encerrar): para muchos usuarios (especialmente los de kínder) se hizo muy difícil realizar un trazo continuo con el dedo.

Trazo inicial (modo Encerrar): el procesamiento de los trazos fue implementado de manera que, para el trazo inicial que realiza el usuario, se detecta el objetivo al que “intenta” dirigirse. Esta aproximación funcionó bien cuando el punto inicial (la última posición del personaje) estaba relativamente cerca del objetivo a seleccionar. Sin embargo, muchos usuarios realizaban el trazo inicial desde un punto muy lejano al objetivo que querían seleccionar. Por esto, generalmente la estrategia reconocía otro objetivo como el más cercano, porque el trazo pasaba cerca de este antes.

“Cabeza” del personaje (módulo de Evaluación): es difícil para los usuarios estirar el “cuello” del personaje tomándolo desde la región definida asociada a la cabeza, debería ser más grande.

“Mordisco” (módulo de Evaluación): visualmente, el comportamiento de la cabeza del personaje consta de dos etapas: “mordisco” y “comer”. La primera etapa

corresponde a la selección de un objetivo (arrastrando la cabeza del personaje) y la segunda, a la confirmación. El diseño de la animación correspondiente al “mordisco” hace que el centro de la imagen de la cabeza se ubique sobre el arco inferior del rectángulo que define la imagen del objetivo. Cuando esta última es demasiado pequeña en comparación a la cabeza, queda completamente detrás de ella. En los casos en que ocurrió esto, los usuarios seguían reubicando la cabeza, pese a que la selección se había realizado de forma correcta.

6.7.5. Recursos

Videos de tutorial: pese a que no corresponde al dominio de este estudio propiamente tal, se consigna que la claridad del video influye en el entendimiento del funcionamiento de cada modo. Por ejemplo, los modos Buscar, Volar y el módulo de Evaluación tuvieron muy buena comprensión, y en general, no fue necesario explicar adicionalmente el funcionamiento. Sin embargo, en el caso de los modos Encerrar y Saltar, fue imprescindible intervenir para continuar con la experiencia.

6.8. Comprobación de hipótesis

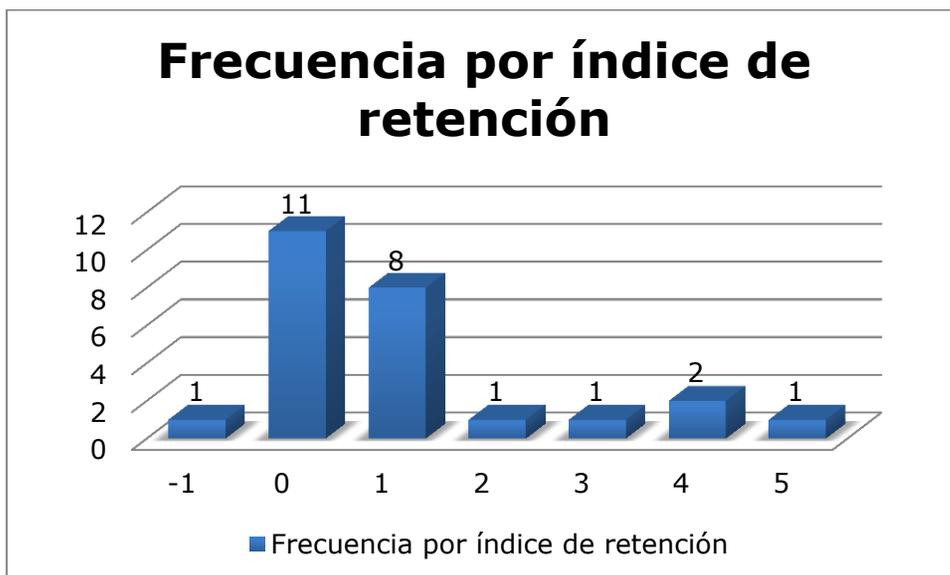
A continuación se revisa la lista de hipótesis sobre el comportamiento de los usuarios y el cumplimiento de los objetivos de la aplicación, y se comprueba la veracidad de cada una.

H1. La aplicación permite memorizar vocabulario en inglés a usuarios de la edad precisada.

Si se considera el índice de retención estudiado a través del test de vocabulario (Tabla 6), se observa que tiene una media de valor positivo. Es decir, en promedio, los alumnos lograron recordar en el corto plazo palabras que aprendieron al usar la aplicación.

Sin embargo, es importante observar ciertas particularidades de los resultados (Gráfico 18). Se aprecia que 11 alumnos (aproximadamente el 44% del total) tienen un índice de retención igual a 0, e incluso un alumno tiene un valor negativo (-1). La existencia de un valor negativo indica la posibilidad de que el instrumento utilizado no haya medido apropiadamente la retención de vocabulario.

Gráfico 18: Frecuencia por índice de retención



H2. La aplicación motiva a los usuarios a aprender inglés.

Esta hipótesis se desglosa en las que se presentan a continuación.

H2.1. Después de usar la aplicación, los usuarios quieren utilizarla nuevamente.

Tanto los resultados recopilados mediante la encuesta de experiencia (calificación promedio “De acuerdo” a la afirmación “Volvería a jugar el juego” en la Tabla 7) como el tiempo de duración de la experiencia medido (con un promedio de 12,4 minutos observado en la Tabla 9) permite inferir que, en general, los alumnos percibieron la aplicación como “entretenida” y volverían a utilizarla.

H2.2. El modo de interacción influye en el deseo de volver a utilizar la aplicación.

De los resultados obtenidos al estudiar la persistencia de los usuarios (Gráfico 13) se puede deducir que factores como la complejidad de los gestos realizados sobre la pantalla táctil del dispositivo y la existencia de recompensas explícitas, inciden en el deseo de continuar con el uso de la aplicación. En particular, el módulo de Evaluación parece haber motivado la utilización del sistema en los usuarios. Se observó que, en general, lograron entender el gesto rápidamente y realizarlo sin grandes dificultades. Además, el personaje asociado alcanzó la primera mayoría en las preferencias (48% en el Gráfico 16), y la justificación más frecuente alude al gesto necesario para moverlo y el efecto que produce como respuesta. Por último, se posiciona como la sección con mayor persistencia (Gráfico 13), lo que indica una alta frecuencia de uso, y por ende, probablemente un factor importante en la reutilización de la aplicación.

H2.3. La interacción es consistente con el desarrollo psicomotor de los usuarios.

La aplicación fue diseñada para niños entre 5 y 6 años, teniendo en cuenta sus capacidades y conocimientos (por ejemplo, en relación a la lectura y el idioma) y sus habilidades psicomotoras, específicamente, la destreza al utilizar una pantalla táctil.

Sin embargo, los resultados obtenidos en relación a la cantidad de veces que una sección fue completada (Gráfico 7) y a la precisión en el emparejamiento de expresiones (Gráfico 11) indican que la aplicación sería más apropiada para alumnos de 2º básico, que tienen entre 6 y 7 años.

Conclusiones

El proyecto desarrollado permitió, por una parte, crear una aplicación efectiva y motivadora en el aprendizaje de vocabulario en inglés, y por otra, evidenciar las dificultades en distintos niveles que están asociadas al desarrollo de software orientado a niños pequeños.

Con respecto a la experiencia de desarrollo, fue primordial priorizar correctamente la implementación de las principales características del sistema de acuerdo a los objetivos planteados: las funcionalidades asociadas a la memorización y los detalles de la interacción gestual. Una vez que se obtuvo un prototipo funcional con todas las secciones implementadas, se agregó un módulo de estadísticas, para mantener un registro del progreso del usuario. Si bien el fin de este módulo fue medir distintas variables con el fin de validar la aplicación, también puede ser utilizado para futuras ideas.

En relación al diseño, el estudio con usuarios hizo evidente la necesidad de realizar un análisis de usabilidad de interfaces para niños en edad preescolar y de los primeros años de educación básica. Este tema ya ha sido estudiado hace algunos años [5]. Sin embargo, la velocidad con que se desarrolla la tecnología obliga a realizar análisis permanentes sobre la interacción. Además, el grupo etario de los usuarios considerado en este proyecto se ha convertido en un público importante para las tecnologías, con necesidades y características específicas.

Entre las decisiones de diseño de interfaz que generaron resultados positivos están la posición de la barra superior, y el sistema de navegación. Ambos contribuyeron a generar un desplazamiento fluido entre las distintas vistas, resultaron intuitivos para los usuarios, y lograron evitar muchos errores de usabilidad.

En relación a la implementación, se logró integrar los distintos módulos de la aplicación para conformar un sistema extensible. Las secciones más complejas a nivel de implementación fueron el modo Encerrar y el módulo de Evaluación. La mayor dificultad asociada al modo Encerrar fue el diseño y la programación de una estrategia de procesamiento de trazos, que fuera apropiada para el desarrollo psicomotor de los usuarios. En el caso del módulo de Evaluación, el movimiento compuesto del personaje fue lo más complicado.

Con respecto a la validación, se obtuvieron resultados positivos para el nivel de retención de vocabulario: los alumnos, en promedio, logran recordar algunas expresiones en el corto plazo. Se estima que podría ayudar a la retención a largo plazo a medida que se repite su uso. Además, se concluye que la aplicación permite motivar a los niños al aprendizaje, ya que la mayoría quiso volver a utilizarla, y lograron vincularse a los personajes. Cabe destacar que el personaje más importante desde el punto de vista de las funcionalidades es aquel asociado al módulo de Evaluación, ya que esta

sección permite reforzar implícitamente la retención y a la vez medir el progreso del alumno. Este fue el personaje con la primera mayoría de preferencias, y las observaciones indican que se debe a la forma de interactuar requerida para moverlo, que fue considerada atractiva y fácil de realizar por los usuarios.

Los resultados de la validación también permitieron descubrir inconsistencias con respecto a las situaciones esperadas. En primer lugar, se deriva que la aplicación resulta complicada de usar y entender por niños de kínder, por lo que se recomienda su uso desde primero básico. En segundo lugar, los gestos de toque y arrastre deben ser interpretados apropiadamente, ya que requieren un nivel de motricidad fina posiblemente mayor que el que tienen los niños de cinco a siete años. En tercer lugar, los recursos utilizados para representar a los objetos deben ser “icónicos”; es decir, deben representar al concepto de forma clara y genérica, para que la asociación mental entre el concepto y la expresión sea correcta y empleable en situaciones ajenas a la aplicación.

La aplicación cumple sus objetivos si se usa en el escenario “privado”; por ejemplo, si un niño la utiliza en su hogar. Sin embargo, para incluirla dentro de los programas educativos de los establecimientos, lo más apropiado sería incluir al profesor como usuario para crear y seleccionar el contenido de las escenas.

6.9. Trabajo futuro

6.9.1. Recursos

Es importante tener en consideración los distintos componentes de una escena y su influencia en el aprendizaje efectivo de los contenidos.

- i. **Imágenes:** deben ser lo más simples y conceptuales posibles, sin dejar de ser llamativas. Durante la actividad desarrollada, algunos usuarios confundieron el significado de una imagen debido a la cantidad de detalles que mostraba. Por ejemplo, un usuario creyó que la imagen asociada al objetivo “bedroom” (dormitorio) en la escena “Inside the house”, correspondía al concepto “cama”, ya que ese elemento llamaba más la atención dentro de la imagen.
- ii. **Sonidos:** deben tener la entonación y velocidad apropiadas. La comprobación del aprendizaje del sonido de las expresiones estaba fuera del alcance del proyecto.
- iii. **Expresiones:** sería interesante determinar la influencia de las características de las expresiones en la memorización y la motivación del aprendizaje. Por ejemplo, estudiar cómo se ven afectadas estas variables si se muestran expresiones con palabras de distinto largo, distinta complejidad semántica, dificultad en la pronunciación, expresiones con la misma letra inicial relacionadas en una misma escena, múltiples palabras para una misma expresión, etc.

6.9.2. Extensión de arquitectura

Se propone la extensión de la arquitectura para incluir la conexión a un servidor que administre un sistema de usuarios y almacene los datos asociados a cada usuario. De esta manera, la aplicación podría cargar los datos a través de una conexión a Internet.

Por otro lado, se plantea la posibilidad de agregar un nuevo tipo de usuario del sistema: el profesor. Entre sus funcionalidades estarían la creación y edición de escenas, la asignación de escenas a alumnos y la revisión y análisis de resultados individuales y grupales.

6.9.3. Revisión de usabilidad

Muchos aspectos de la aplicación funcionaron correctamente desde la perspectiva de la usabilidad. Sin embargo, es necesario revisar varios puntos precisos para mejorar la experiencia de uso de la aplicación.

Aspectos más relevantes a revisar:

- i. Feedback de aparición de botón “evaluación”.
- ii. Parámetros de la aplicación (sensibilidad del movimiento generado por el acelerómetro en el modo Volar, ancho de los rectángulos en el modo Encerrar, tiempo de presión en el modo Saltar).
- iii. Detección del gesto de pulsación y asignación a las mismas funcionalidades del gesto de toque.
- iv. Ubicación de las imágenes que producen la metáfora del “mordisco” en el módulo de Evaluación.
- v. Estrategia de procesamiento de trazos para el modo Encerrar (considerar escenarios como el trazo iniciado desde un punto lejano).
- vi. Detección de toques múltiples accidentales y descarte del evento.

6.9.4. Tutoriales

Los tutoriales funcionaron bien para algunos usuarios, pero no para todos. Por lo tanto, queda pendiente investigar las mejores maneras para construir tutoriales efectivos y rediseñar la aplicación para que la mayoría de los usuarios no necesite ayuda externa al aprender a usarla.

6.9.5. Contexto

Lo ideal sería utilizar la aplicación como una actividad posterior a la lectura de una historia o texto informativo, un video o una animación. Los personajes de los modos podrían tener relación con aquellos que participaron en el contenido revisado, para hacer el aprendizaje de vocabulario más contextualizado.

6.9.6. Estadísticas

Se pueden crear funcionalidades interesantes con las estadísticas registradas permanentemente por la aplicación. Por ejemplo, al ingresar a una escena a través de

un modo, el objetivo con más emparejamientos incorrectos podría aparecer más grande o más resaltado que los demás, para estimular su aprendizaje.

Glosario

Con el fin de evitar confusiones, se presenta a continuación una serie de términos relativos a la construcción de la aplicación (no necesarios para usarla) y una definición breve (se incluyen explicaciones más detalladas en las secciones apropiadas dentro del documento):

Objetivo: objeto representado por una imagen, una expresión, un sonido, un contorno y una posición, que corresponde a la palabra (o más de una) que se quiere enseñar.

Escena: conjunto de objetivos relacionados, y representación del contexto o lugar físico al que pertenecen, a través de una imagen y un título.

Personaje: animal personificado representado por una imagen y animaciones, que tiene asociado una lista de objetivos y un modo.

Modo: forma de interactuar de un personaje, tanto en relación a su desplazamiento, como la selección de objetivos. Un modo siempre tiene una escena asociada.

Consultado: se dice que un objetivo o un personaje ha sido “consultado” si su imagen recibe un toque. Como respuesta, el objetivo o el personaje muestra un globo de texto con la expresión correspondiente y reproduce el sonido asociado.

Conectado: se dice que un personaje ha sido “conectado” a un objetivo si, mediante la forma de interactuar definida por el modo del personaje, se asocia a un objetivo para ser emparejado con él.

Seleccionado: se dice que un objetivo ha sido “seleccionado” si un personaje se ha “conectado” a él. La forma de “selección” es diferente para cada personaje.

Emparejado: se dice que un personaje ha sido “emparejado” con un objetivo, o que un objetivo ha sido “emparejado”, si el personaje ha sido conectado al objetivo.

Completado: se dice que una escena o un personaje ha sido “completado” si todos sus objetivos han sido emparejados. Se dice que un modo ha sido “completado” si su escena ha sido “completada” a través de él.

Módulo de Evaluación: sección especial de la aplicación que pretende evaluar la retención de expresiones. Está formada por un personaje y los objetivos de una escena (pero no la escena).

Referencias

- [1] Milton, J., Garbi, A. *VIRLAN: Collaborative Foreign Language Learning on the Internet for Primary Age Children: Problems and a Solution*. 2000, Educational Technology and Society, 3 (3), pp. 286-292.
- [2] Tsou, W., Wang, W., Tzeng, Y. *Applying a multimedia storytelling website in foreign language learning*. 2006, Computers & Education 47, pp. 17-28.
- [3] Eshet, Y., Chajut, E. *Synchronous Reading in Real-Time Environments*. 2007, Human-Computer Interaction, Part IV, HCII 2007, LNCS 4553, pp. 245-254.
- [4] Cut N. A., Ariffin A.M., Nurulnadwan A., Rozana M. A. B. *Multiple Intelligence Ensures Usability of Digital Storytelling for Preschool Children*. 2011, Proceedings of the International Conference on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Malasia, pp. 117-123.
- [5] McKnight, L., Fitton, D. *Touch-screen Technology for Children: Giving the Right Instructions and Getting the Right Responses*. 2010, IDC, Barcelona, España.
- [6] Revelle, G., Reardon, E. *Designing and Testing Mobile Interfaces for Children*. 2009, IDC, Como, Italia.
- [7] Vincent, J., *MicroWorlds and the Integrated Brain*. 2001, Seventh World Conference on Computers in Education, Copenhagen, Dinamarca.
- [8] Massaro, D. W. *Just in Time Learning: Implementing Principles of Multimodal Processing and Learning for Education*. 2007, ICMI, Nagoya, Aichi, Japón.
- [9] Mich, O., Betta, E., Giuliani, D. *PARLING: e-Literature for Supporting Children Learning English as a Second Language*. 2004, IUT, Madeira, Funchal, Portugal.
- [10] Wexelblat, A. *Research Challenges in Gesture: Open Issues and Unsolved Problems*. 1997, Proceedings of the International Gesture Workshop, I, vol. 1371. Springer, London, pp. 1-11.
- [11] Chen, C., Chung, C. *Personalized mobile English vocabulary learning system based on item response theory and learning memory cycle*. 2008, Computers & Education.
- [12] Wenxin, L., Kekang, H. *Effects of Contextual Cues and Support Requirements of Multimedia Animation on Children's English Learning*. 2008, International Workshop on Education Technology and Training.
- [13] McGraw, I., Yoshimoto, B., Seneff, S. *Speech-enabled card games for incidental vocabulary acquisition in a foreign language*. 2009, Speech Communication 51.

- [14] Ghali, R., Frasson, C. *Emotional Strategies for Vocabulary Learning*. 2010, 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies.
- [15] Hourcade, J. *Interaction Design and Children*. 2007, Foundations and Trends in Human-Computer Interaction.
- [16] Brown, J., Collins, A., Duguid, P. *Situated cognition and the culture of learning*. 1989, Educational Researcher, vol. 18, no. 1, pp. 32–42.
- [17] Brown, A., Campione, J. *Psychological theory and the design of innovative learning environments: On procedures, principles, and systems*. 1996, Innovations in Learning: New Environments for Education, Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [18] Chen, Z., Siegler, R. *Intellectual development in childhood*. 2004, Handbook of Intelligence, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [19] Skinner, B. *The Technology of Teaching*. 1968, New York: Appleton.
- [20] Gardner, H., Moran, S. *The science of multiple intelligences theory: A response to Lynn waterhouse*. 2006, Educational Psychologist, vol. 41, no. 4, pp. 227–232.
- [21] Sternberg, R. *Our Research program validating the triarchic theory of successful intelligence: Reply to Gottfredson*. 2003, Intelligence, vol. 31, no. 4, pp. 399– 413.
- [22] Korat, O. *Reading electronic books as a support for vocabulary, story comprehension and word reading in kindergarten and first grade*. 2010, Computers & Education 55, pp 24-31.
- [23] Papert, S., Harel, I. *Situating constructionism*. 1991, Constructionism, Norwood, NJ: Ablex.
- [24] Kestenbaum, D. *The challenges of interaction design and children: What have we learned from our past*. 2005, Communications of the ACM, vol. 48, no. 1, pp. 35-38.
- [25] Quartz, S., Sejnowski, T. *The neural basis of cognitive development: A constructivist manifesto*. 1997, Behavioral and Brain Sciences, vol. 20, pp. 537-596.
- [26] Piaget, J. *Judgement and reasoning in the child*. 1995, The Essential Piaget , London: Aronson , pp. 89-117.
- [27] Piaget, J. *Logic and psychology*. 1995, The Essential Piaget , London: Aronson , pp. 445-477.
- [28] Vygotsky, L. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. 1978, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [29] Flavell, J., Miller, P., Miller, S. *Cognitive Development*. 2002, Upper Saddle River, NJ: Pearson, fourth ed.

- [30] Dempster, F. *Memory span: Sources of individual and developmental differences*. 1981, Psychological Bulletin, vol. 89, pp. 63-100.
- [31] DeLoache, J., Smith, C. *Early symbolic representation*. 1999, Development of mental representation: Theories and Applications, Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [32] Liben, L., Downs, R. *The role of graphic representations in understanding the world*. 1991, Visions of Aesthetics, the Environment, and Development: The Legacy of Joachim Wohlwill, (R. M. Downs, L. S. Liben, and D. S. Palermo, eds.), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [33] Sitio web del Sistema de Medición de Calidad de la Educación (SIMCE), Principales resultados nacionales 2010 : <http://www.simce.cl/index.php?id=247>
- [34] Tanveer, M. *Investigation of the factors that cause language anxiety for ESL/EFL learners in learning speaking skills and the influence it casts on communication in the target language*. 2007, Faculty of Education, University of Glasgow.
- [35] Cant, A., Harper, K. *See Saw Student's Book 1*. 2003, Macmillan.
- [36] Villamor, C., Willis, D., Wroblewski, L. *Touch Gesture Reference Guide*. 2010. <http://www.lukew.com/touch/>
- [37] iOS Human Interface Guidelines: <https://developer.apple.com/library/ios/#DOCUMENTATION/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/UIElementGuidelines/UIElementGuidelines.html>
- [38] Reportaje sobre ranking de colegios chilenos según el uso de TIC: <http://diario.latercera.com/2011/06/04/01/contenido/pais/31-71533-9-los-colegios-con-mejor-infraestructura-y-practicas-tecnologicas-del-pais.shtml>
- [39] Reynolds-Keefer, L., Johnson, R. Is a picture worth a thousand words? Creating effective questionnaires with pictures. 2011, Practical Assessment, Research & Evaluation, vol. 16, number 8.
- [40] Piaget, J. *Psicología y Pedagogía*. 1983, SARPE.
- [41] Gardner, H. *Multiple Intelligencies, The Theory in Practice*. 1993, BasicBooks.
- [42] Críticas a la teoría de las Inteligencias Múltiples: <http://www.igs.net/~cmorris/critiques.html>
- [43] Moreno, R., Mayer, R. *A learner-centered approach to multimedia explanations: Deriving instructional design principles from cognitive theory*. 2000, Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer Enhanced Learning, vol. 2(2), pp. 1 – 6.
- [44] Liu, C.-C., Milrad, M. *Guest Editorial - One-to-one Learning in the Mobile and Ubiquitous Computing Age*. 2010, Educational Technology & Society, 13(4), 1-3.

[45] Sintetizador de voz: <http://www.ispeech.org>

[46] Guerrero, L., Ochoa, S., Pino, J. *Selecting Computing Devices to Support Mobile Collaboration*. 2006, *Group Decision and Negotiation* 15, 243-271.

ANEXOS

Anexo A: Diagramas

Se incluye el diagrama de clases de la aplicación, por secciones para permitir una correcta visualización (Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29).

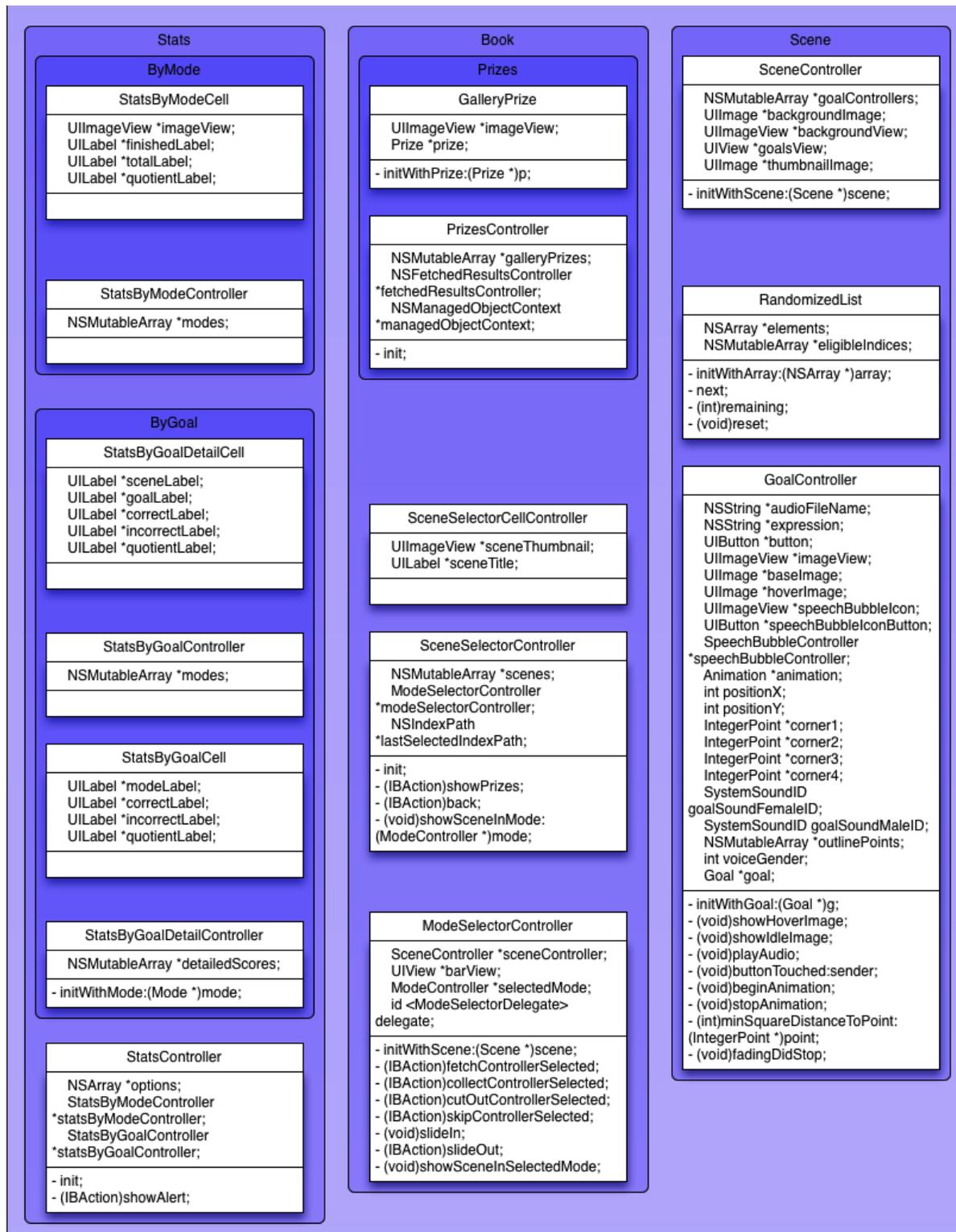


Figura 26: Diagrama de clases - primera parte

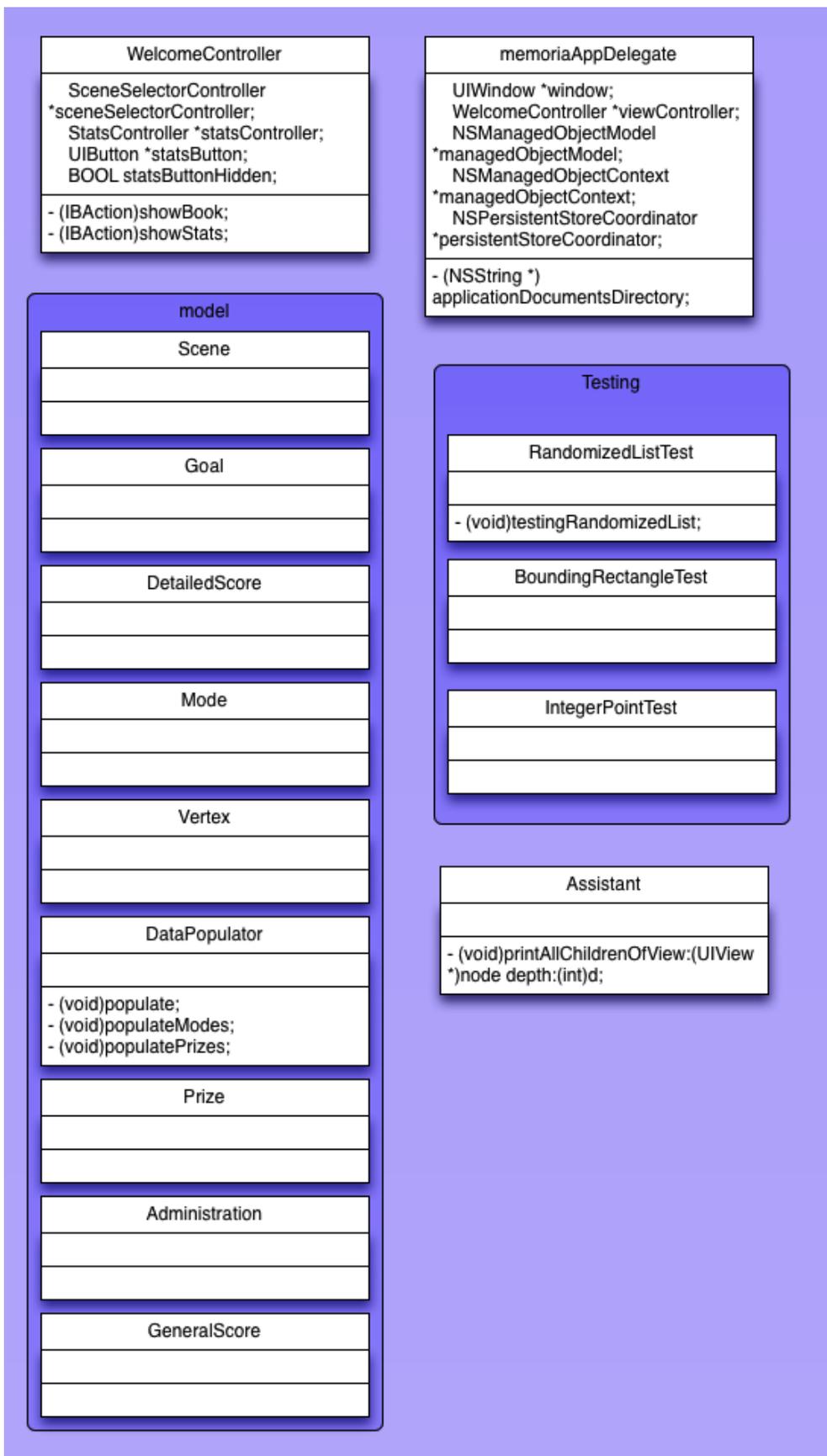


Figura 27: Diagrama de classes - segunda parte

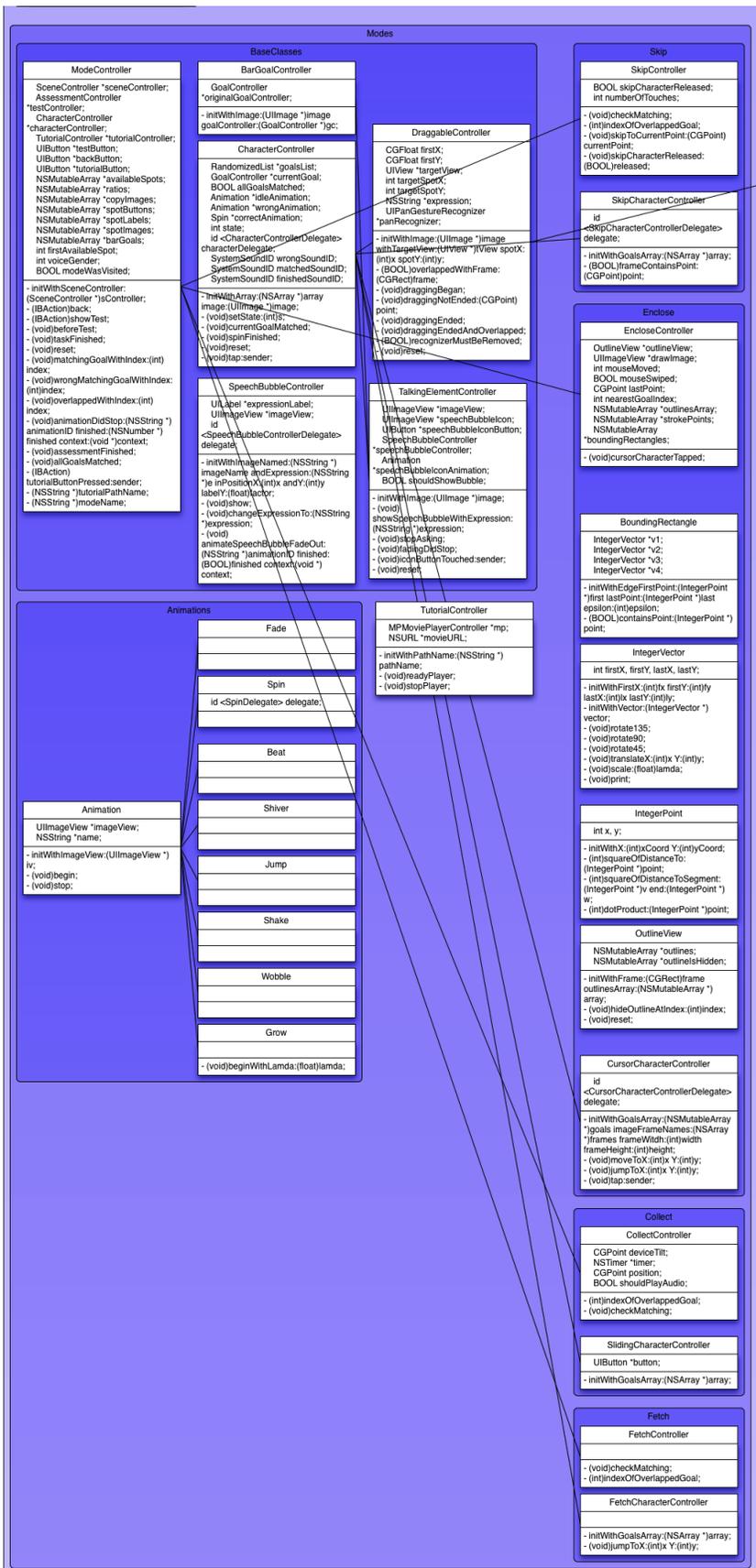


Figura 28: Diagrama de clases - tercera parte



Figura 29: Diagrama de clases - cuarta parte

Se incluye el diagrama del modelo de datos entregado por Core Data (Figura 30). Este diagrama no corresponde estrictamente a ningún tipo estandarizado de diagrama de datos, pero se presenta como referencia. Las flechas con una punta corresponden a relaciones 1-a-1 y aquellas con doble punta, relaciones 1-a-muchos.

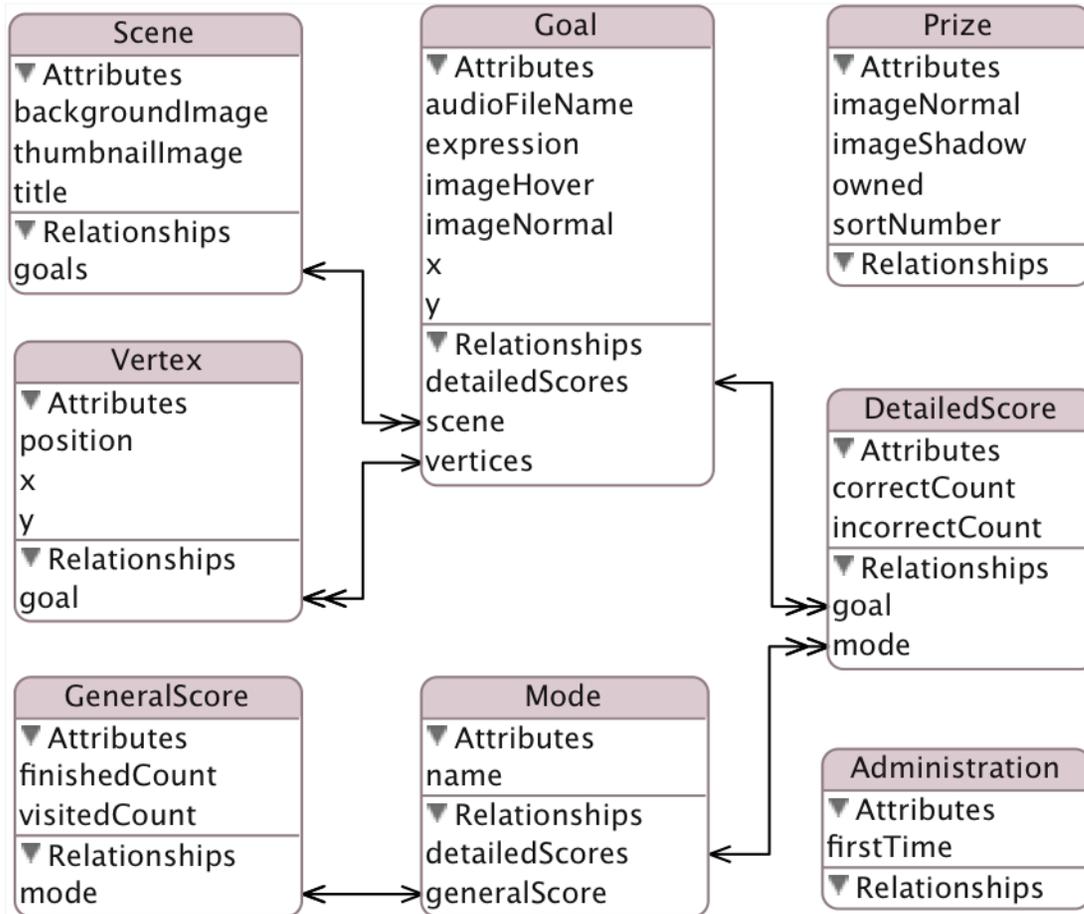


Figura 30: Modelo de datos

Anexo B: Instrumentos

Se incluyen los tests de vocabulario para cada escena (usados como pre-test y post-test) (Figura 31) y la encuesta aplicada a los usuarios después de la actividad (Figura 32).

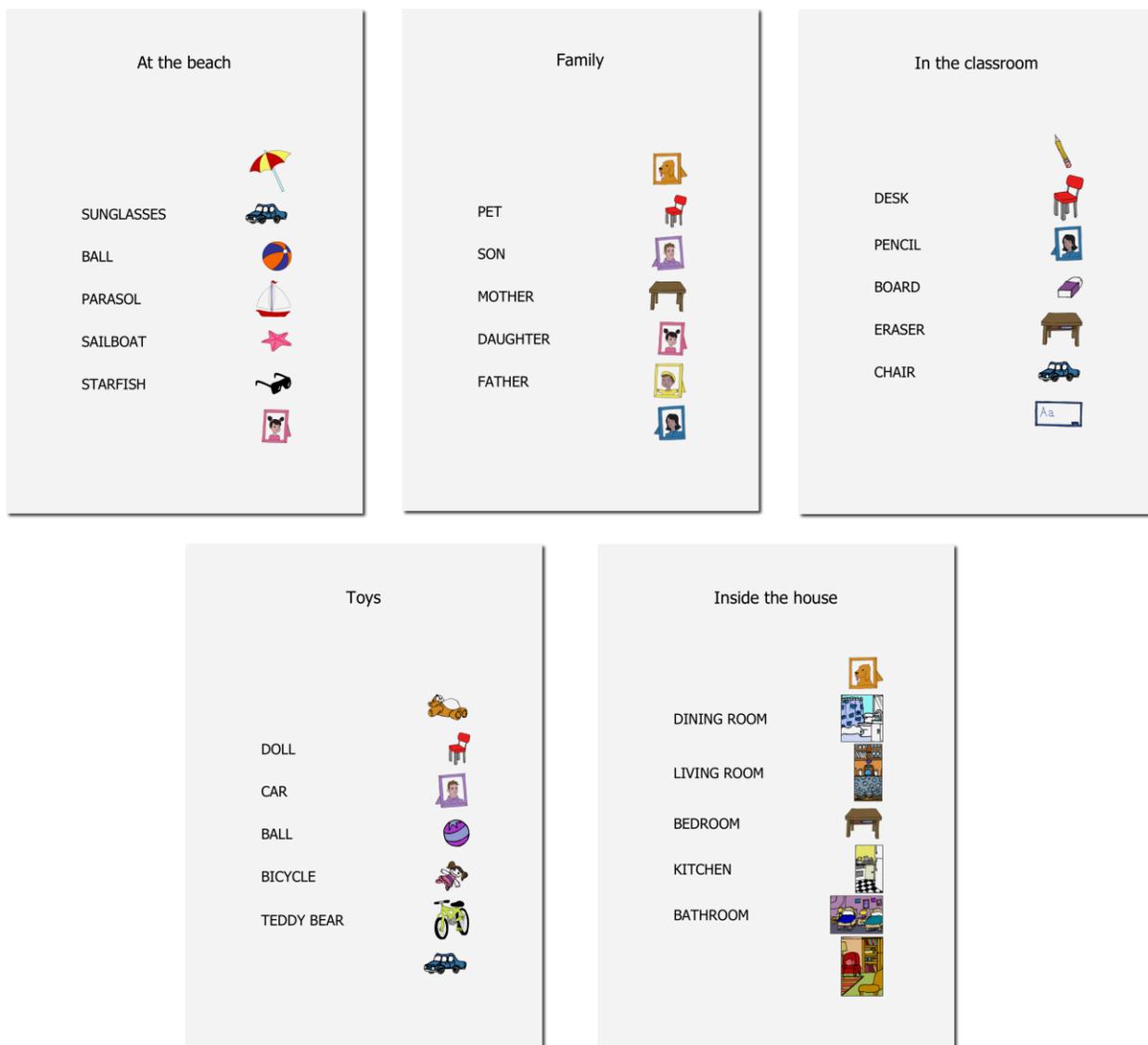


Figura 31: Test de vocabulario para cada escena

A. PERSONAJES

	A1. Te gustó el personaje			
	A2. Es difícil moverlo			
	A3. Te gustó el personaje			
	A4. Es difícil moverlo			
	A5. Te gustó el personaje			
	A6. Es difícil moverlo			
	A7. Te gustó el personaje			
	A8. Es difícil moverlo			
	A9. Te gustó el personaje			
	A10. Es difícil moverlo			

A.11 Escoge el personaje que más te gustó

				
---	---	---	---	---

A.12 Escoge el personaje que menos te gustó

				
---	---	---	---	---

B. JUEGO

B1. Te gustó el juego			
B2. Le dirías a un amigo o amiga que juegue un juego distinto			
B3. Volverías a jugarlo			
B4. Recomendarías el juego a un amigo o amiga			
B5. Crees que el juego es aburrido			
B6. No te gustó el juego			
B7. El juego es entretenido			
B8. No volverías a jugar el juego			

Figura 32: Encuesta de experiencia