

**Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada, Baja California**



**Programa de Posgrado en Ciencias
en Ciencias de la Computación**

Videjuego serio basado en movimiento para la estimulación
del pensamiento matemático en niños de preescolar

Tesis
para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Luis Miguel Vázquez Alfaro

Ensenada, Baja California, México
2017

Tesis defendida por

Luis Miguel Vázquez Alfaro

y aprobada por el siguiente Comité

Dra. Ana Isabel Martínez García
Codirector de tesis

Dr. Pedro Gilberto López Mariscal
Codirector de tesis

Miembros del comité

Dr. José Antonio García Macías

Dr. Jónas de Dios de Basabe Delgado



Dr. Jesús Favela Vara

Coordinador del Posgrado en Ciencias de la computación

Dra. Rufina Hernández Martínez

Directora de Estudios de Posgrado

Luis Miguel Vázquez Alfaro © 2017

Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor y director de la tesis

Resumen de la tesis que presenta **Luis Miguel Vázquez Alfaro** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación.

Videojuego serio basado en movimiento para la estimulación del pensamiento matemático en niños de preescolar

Resumen aprobado por:

Dra. Ana Isabel Martínez García

Director de Tesis

Dr. Pedro Gilberto López Mariscal

Director de Tesis

Las matemáticas es una de las asignaturas con la que los estudiantes presentan mayor dificultad de aprendizaje. Esta situación podría mejorar si las bases para el aprendizaje de las matemáticas se consolidaran desde la primera infancia. En esta etapa, el juego es muy utilizado para propiciar el desarrollo y aprendizaje de los niños, ya que este les permite el desarrollo psicomotor que beneficia el aprendizaje. En preescolar no se enseñan matemáticas como asignatura a los niños, sino que se busca estimular el pensamiento matemático a través de la lógica y exploración de las cosas. Aunado a esto se tiene evidencia de que la actividad física podría traer beneficios en la estimulación del aprendizaje en niños de preescolar. Por lo que un videojuego interactivo podría apoyar en la estimulación del pensamiento matemático. En este trabajo se describe el proceso de diseño, desarrollo y evaluación de 'Aventuras en la Antártica', un videojuego serio para la estimulación del aprendizaje de las matemáticas; cuyo diseño fue realizado en base a sesiones de diseño con niños y maestras de dos preescolares y especialistas en Interacción Humano Computadora. El videojuego fue evaluado con niños de segundo y tercer año de preescolar. Los resultados mostraron que 'Aventuras en la Antártica' es una herramienta de apoyo que puede brindar beneficios en las aulas de preescolar; adicionalmente los niños encontraron las actividades del videojuego fáciles y divertidas, algo importante para favorecer el interés de los niños por las matemáticas.

Palabras clave: videojuego educativo, *pensamiento matemático, educación preescolar.*

Abstract of the thesis presented by **Luis Miguel Vázquez Alfaro** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Computer Science.

Exer-learning game to stimulate mathematical thinking in kindergarten children

Abstract approved by:

Dra. Ana Isabel Martínez García

Thesis Director

Dr. Pedro Gilberto López Mariscal

Thesis Director

Mathematics is one of the subjects on which students experience more difficulties in learning. This situation could improve if the basics for learning them get strengthen since early childhood. At this age, ludic activities are often used to enhance the development of learning skills on children, as this helps them not only to learn but also to develop psychomotor skills. Although, mathematics is not taught as a subject to pre-school children, it is stimulated through logic and mathematical thinking. Additionally, there is evidence that physical activity has an impact on stimulating learning. Thus, an interactive videogame could help to stimulate mathematical thinking on children of pre-school. This document describes the design, development and evaluation of 'Aventuras en la Antártica', an interative serious game that aims to stimulate children mathematical thinking. Its design was based on design sessions with children and pre-school teachers from two kindergartens and human-computer interaction experts. This videogame was evaluated with pre-school children from second and third grade. The results from the evaluation showed that 'Aventuras en la Antártica' is a support tool that may bring benefits to pre-school classrooms; also the children found the activities easy and fun to carry out, an important matter to support children's engagement on math.

Keywords: learning game, mathematical thinking, preschool education.

Dedicatoria



Al tiempo, la voluntad, la amistad y el amor otorgado por todos aquellos familiares y amigos que permitieron, en contra de mis propios límites, terminar este documento.

Agradecimientos

A mis padres y mis hermanos, por el cariño y apoyo incondicional brindado en cada una de las decisiones que he tomado.

A mis directores de tesis la Dra. Ana Martínez, y el Dr. Gilberto López por sus enseñanzas guía y paciencia durante el tiempo que me tomó realizar este trabajo.

A las Directoras Marcela y Patricia de la instancia infantil de CICESE y el jardín de niños las Misiones respectivamente, por permitirme realizar las actividades necesarias para la realización de este trabajo, así como a las maestras Georgina, Karla, Ileana y Liliana y a los niños que participaron, por la información brindada que fue parte fundamental de este trabajo.

A Hildelisa Cantú por el apoyo brindado en las sesiones de diseño y la experiencia previa que con dedicación compartió conmigo.

A Amanda Rubio y a Humberto Hernández, por el apoyo brindado durante sus prácticas profesionales en el diseño y desarrollo del videojuego.

A mis amigos y compañeros de generación Karime, Carlos, Angello, Mariana, Alfonso, Felipe y Héctor quienes apoyaron en la revisión del documento y la recolección e interpretación de los datos utilizados.

Y a CICESE y Conacyt por las facilidades y el apoyo económico brindado.

Tabla de contenido

	Página
Resumen en español	i
Resumen en inglés	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Tabla de contenido.....	v
Lista de figuras	viii
Lista de tablas.....	x
Capítulo 1. Introducción	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.2.1 Objetivos	3
1.3 Metodología	4
1.4 Estructura de la tesis	5
Capítulo 2. Trabajo relacionado	
2.1 Matemáticas en preescolar.....	6
2.2 Videojuegos serios	7
2.3 Videojuegos serios basados en movimiento [<i>exer-learning games</i>]	9
2.4 Resumen.....	11
Capítulo 3: Estudio Contextual	
3.1 Reclutamiento y recolección de datos	12
3.2 Análisis de datos.....	13
3.3 Resultados del estudio contextual	14
3.4 Resumen.....	17
Capítulo 4: Diseño del videojuego	
4.1 Selección de la tecnología a utilizar	18
4.2 Actividades para el videojuego	21
4.3 Personajes y ambiente del videojuego	22

4.4 Sesión de diseño con expertos.....	23
4.5 Validación de escenarios y gestos de interacción.....	23
4.6 Resultados del diseño	24
4.7 Resumen.....	26

Capítulo 5: implementación del videojuego

5.1 Configuración física	27
5.2 Codificación del videojuego	28
5.2.1 Arquitectura	28
5.2.2 Casos de uso	29
5.2.3 Diagrama de clases.....	30
5.2.4 Diagrama de secuencias	32
5.3 Prototipo de alta fidelidad	33
5.4 Resumen.....	38

Capítulo 6 Evaluación

6.1 Diseño del experimento	39
6.1.1 Instrumentos	40
6.1.2 Participantes.....	41
6.1.3 Configuración	41
6.1.4 Procedimiento	42
6.2 Desarrollo del experimento	43
6.3 Análisis de resultados.....	44
6.4 Resultados y discusión	46
6.4.1 Resultados de la herramienta Fun Toolkit	47
6.4.2 Resultados de la evaluación de los videos	52
6.5 Resumen.....	54

Capítulo 7. Conclusiones y trabajo futuro

7.1 Conclusiones	55
7.1.1 Aportaciones	55
7.1.2 Limitaciones.....	55
7.2 Trabajo futuro	56

Literatura citada	57
--------------------------------	-----------

Anexos	61
Apéndice 1.....	61
Apéndice 2.....	64

Lista de figuras

Figura		Página
1	Metodología.....	4
2	Ejemplo de videojuego serio Pipoclub (http://www.pipoclub.com).....	8
3	Ejemplo de videojuego serio IXL Math (https://www.ixl.com/math/).....	8
4	Ejemplos de NUIs a) Piso interactivo b) Hopscotch c) MeMaPads.....	10
5	Formato de Reporte de observación.	13
6	Ejemplo de Microanálisis.	14
7	Diagrama de afinidad.....	15
8	Personas.....	16
9	Piso interactivo (Izquierda), Gestos en el aire (derecha).....	19
10	Articulaciones monitoreadas por el sensor Kinect.	20
11	Personajes presentados (izquierda), imágenes realizadas por los niños (derecha).	23
12	Actividades del videojuego a) Secuencias b) Coordinación c) Preguntas d) Mapa.	24
13	Actividad de cierre.	25
14	Configuración final para el videojuego.	27
15	Diagrama de arquitectura.....	28
16	Diagrama de casos de uso.	29
17	Diagrama de clases.	32
18	Diagrama de secuencia, jugar videojuego.	33
20	Menú principal.....	34
19	Pantallas del videojuego. a) Portada b) Administración de perfiles.....	34
21	Diagrama de flujo general del videojuego.....	35
22	Diagrama de flujo: jugar videojuego.....	36
23	Partes que componen una actividad.	37
24	Metodología para la evaluación.	39
25	Versión web de smileyometer.	40
26	Versión web de Again Again table.	40
27	Versión web de <i>fun sorter</i>	40
28	Configuración física utilizada para la evaluación del videojuego.	41

29	Botón de configuración.....	42
30	Interpretación de Kappa.	46
31	Resultados de Smileyometer antes y después para el videojuego.....	47
32	Resultados de Smileyometer antes y después para tradicional.	48
33	Resultado del análisis de los videos.....	52

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Aspectos relevantes de los videojuegos presentados.	11
2	Características de los participantes.	12
3	Comparación de tecnologías.	18
4	Gestos de interacción.	21
5	Actividades de los usuarios del videojuego.	30
6	Esquema de codificación DEVAN.	45
7	Codificación para eventos de pensamiento matemático.	45
8	Niveles de acuerdo entre observadores.	46
9	¿Lo volverías a jugar? por actividad para el videojuego y tradicional.	49
10	¿Lo volverías a jugar? para el videojuego y tradicional.	49
11	Resultados de <i>fun sorter</i> respecto a diversión.	50
12	Resultados de <i>fun sorter</i> respecto a facilidad.	51
13	Resultados de <i>fun sorter</i> para actividades tradicionales vs videojuego.	51

Capítulo 1. Introducción

En este trabajo se presenta el desarrollo de un videojuego serio llamado “Aventuras en la Antártida” utilizando una metodología centrada en el usuario. Se describe el trabajo relacionado y el estudio contextual que se realizó para obtener las características del sistema; un estudio contextual es un estudio cualitativo que se realiza en sitio con los usuarios potenciales y tiene la finalidad de obtener las características del sistema con base al contexto de uso y las características de los usuarios (Beyer y Holtzblatt, 1998). Además del trabajo relacionado y el estudio contextual, se describe el proceso de diseño basado en el contexto que se siguió y la implementación utilizando la información recabada. Una vez obtenido un prototipo de alta fidelidad, se llevó a cabo una evaluación a la experiencia de uso con los usuarios potenciales del videojuego. A continuación, se describe la problemática que motiva la realización de este trabajo.

1.1 Antecedentes

Las matemáticas y las ciencias son las asignaturas con las que los estudiantes presentan mayor dificultad de aprendizaje a lo largo de sus estudios (Blanchfield et al., 2015; Fernández-Oliveras y Oliveras, 2014; Howison et al., 2011). La prueba PISA de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) evalúa a los jóvenes de 15 años matriculados en al menos 1ro de secundaria. Según los resultados de la prueba que se realizó en 2012, la cual se enfocó en el área de matemáticas, en México el 55% de los alumnos mexicanos no alcanzó el nivel de competencias básicas en matemáticas (Ramos et al., 2012). Estos resultados confirman que el problema del aprendizaje de las matemáticas en México requiere atención.

Esta situación podría mejorar si se establecieran unas buenas bases en matemáticas desde la primera infancia. Tiempo en el cual las impresiones que quedan en la mente de los niños realmente la modelan y la forman (Britton, L., y Molina, P., 2000). Aprender de manera correcta los conceptos básicos de matemáticas en una edad temprana puede facilitar el aprender conceptos más complicados en el futuro (Al-Washmi et al., 2014).

En preescolar no se imparte matemáticas a los niños como una asignatura, sino que se busca desarrollar lo que se conoce como Pensamiento Matemático. El pensamiento matemático, se conoce como “La aplicación implícita o explícita de técnicas matemáticas (conceptos y procesos) en la resolución de problemas” (Henderson et al., 2002).

Por otra parte, Existe una variedad de trabajos en los que se afirma que el juego es una de las principales formas de aprendizaje en niños durante la primera infancia (Ahnet al., 2013; Fernández-Oliveras y Oliveras, 2014; Sumpter et al., 2015). En preescolar, el juego es muy importante para propiciar el desarrollo y aprendizaje de los niños, ya que les ayuda a aprender nuevas ideas y ponerlas en práctica, a adaptarse socialmente y a superar problemas emocionales.

El uso de videojuegos apoya al desarrollo de habilidades en los niños como la memoria, la comunicación y la resolución de problemas (Yurt y Cevher-Kalburan, 2011; Alzahrani, 2013). Los videojuegos tienen la capacidad de servir como apoyo en la educación, apoyo que estimula el desarrollo de habilidades, capacidades lógicas e intelectuales y procesos de concentración y razonamiento, entre otros beneficios para los estudiantes (Villacis et al., 2014).

En general, los videojuegos son catalogados erróneamente como actividades vanas, sin embargo, no son una tarea fácil, ya que exigen cierta habilidad y nivel de aprendizaje, estas exigencias se pueden enfocar a que el usuario adquiera un beneficio real de estas acciones, de manera que aprenda mientras se divierte (Klopfer y Osterweil, 2013).

Los videojuegos serios son un tipo de videojuego donde se busca que además de que el usuario se divierta, logre adquirir algún conocimiento o beneficio (Blanchfield et al., 2015; Collins et al., 2010; Connolly et al., 2012; Giannakos et al., 2012; Karime et al., 2012; Saavedra et al., 2014; Thompson et al., 2010). Un tipo de videojuego serio conocido como exergame, o videojuego para ejercitarse, permite obtener beneficios en el estado físico o de salud, ya que basa su interacción en movimientos realizados por el usuario (Thompson et al., 2010; Karime et al., 2012). El objetivo principal del exergame es beneficiar la salud del usuario mientras lo juega, mediante la realización de movimientos. A pesar de que en estos juegos el usuario obtiene un beneficio físico de su uso, este tipo de videojuegos puede o no, estar enfocado en obtener algún otro beneficio como la adquisición de algún conocimiento.

Existen videojuegos con distintos tipos de interfaz de entrada que en ocasiones llegan a ser inadecuados para los niños y o difícilmente implementados en las aulas. Algunos autores (A. Evans y Rick, 2014; Alexandre et al., 2010; Bachour et al., 2010; Bakker et al., 2007; Bérard, 2003; Dillenbourg y Evans, 2011; Karat y Vanderdonckt, 2010; Khandelwal y Mazalek, 2007; Koike, 2013; Pykhtina et al., 2012; Rauterberg et al., 1998; Scharf et al., 2010), ya han realizado aportaciones respecto al uso de distintos medios de interacción basados en superficies interactivas, estos trabajos y sus aportaciones dan pauta al desarrollo de nuevas herramientas donde no se utilicen medios convencionales diseñados para adultos como el teclado y el ratón.

Aunado a esto, se tiene evidencia de que la actividad física activa el cerebro y mejora la capacidad de memoria y aprendizaje (Kiili y Perttula, 2013), algunos autores (Karime et al., 2012; Lucht y Heidig, 2013), buscan obtener los beneficios de esta premisa en niños y utilizan una versión híbrida de los videojuegos serios y los exergames. Buscando combinar los beneficios de ambos, se puede conceptualizar el termino exer-learning game que hace referencia a un videojuego serio que basa su interacción en los movimientos realizados por el usuario (Lucht y Heidig, 2013).

Hoy en día existen diversos medios que detectan el movimiento de los usuarios mediante Interfaces Naturales de Usuario (NUIs por sus siglas en inglés). Una NUI es una interface de usuario que permite la interacción con un sistema a través de movimientos naturales del cuerpo. Estos movimientos son detectados mediante sensores imperceptibles al usuario. Este tipo de interfaces dan bases firmes para el desarrollo de exergames, los cuales, debido los beneficios de la actividad física y la forma de interacción, podrían ser una alternativa viable para apoyar la estimulación del pensamiento matemático de niños en preescolar.

1.2 Planteamiento del problema

Existen diversas herramientas diseñadas para niños en donde se busca apoyar el aprendizaje de las matemáticas. Algunas de ellas utilizando NUIs, pero pocas de ellas han sido diseñadas para niños de preescolar y son generalmente difíciles de implementar en las aulas. La interacción mediante NUIs parece ser la opción que se adapta mejor al nivel de motricidad de los niños. Las implementaciones utilizando NUIs pueden ser una forma de acercar estas herramientas a las aulas de preescolar, etapa en la que se forjan las bases para la adquisición de conocimientos futuros. Este trabajo busca ofrecer una herramienta de aprendizaje adecuada para niños de preescolar y de esta forma apoyar su formación futura. Con el fin de generar una herramienta de apoyo a esta problemática, se propone el siguiente objetivo general.

1.2.1 Objetivos

Objetivo General:

Diseñar, implementar y evaluar un videojuego serio basado en movimiento para estimular el desarrollo del pensamiento matemático en niños de preescolar dentro del aula.

Con la finalidad de alcanzar el objetivo propuesto se propusieron los siguientes objetivos específicos:

- Obtener las actividades y tecnología adecuada para un aula de preescolar.
- Diseñar un prototipo de baja o media fidelidad.
- Implementar el diseño y obtener un prototipo de alta fidelidad que pueda ser probado en las aulas.
- Evaluar el prototipo en las aulas de preescolar.

1.3 Metodología

Con el fin de llevar a cabo el trabajo de tesis y cumplir con los objetivos propuestos anteriormente se desarrolló una metodología centrada en el usuario.

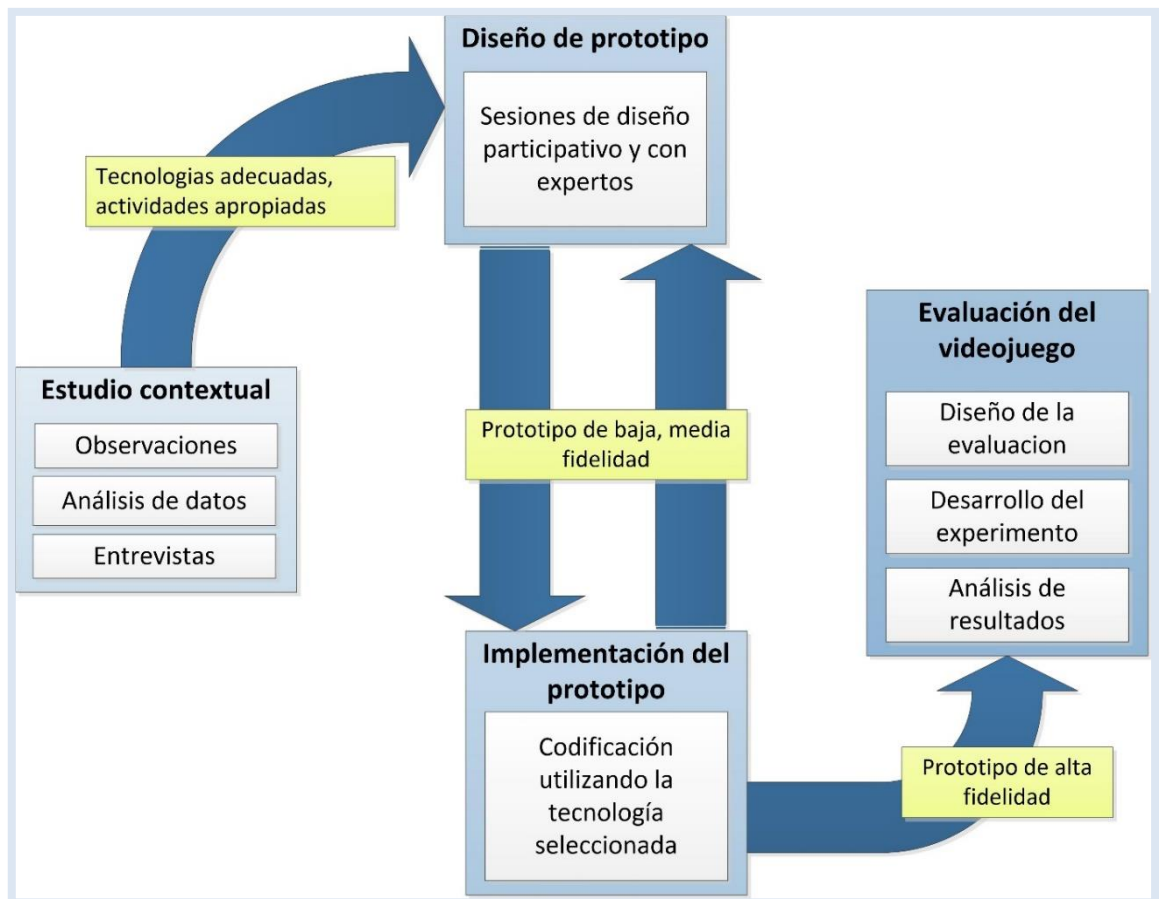


Figura 1. Metodología.

En la metodología que se muestra en la **Figura 1** se pueden observar las actividades que se realizaron, además de los resultados esperados al completar cada una de estas actividades. A continuación, se describe en que consistió cada una de las actividades de la metodología utilizada:

Estudio contextual: Durante este estudio se realizaron observaciones y entrevistas en las aulas de preescolar, y al finalizarlos se analizaron los datos obtenidos de dichas actividades. Y como resultado del análisis se obtuvo una idea general de las actividades que se realizan en las aulas y con ello algunas posibles tecnologías y actividades adecuadas que fueron utilizadas como base para la realización del videojuego.

Diseño del prototipo: Al concluir el estudio contextual se realizó el diseño de un prototipo de baja o media fidelidad, mediante la realización de sesiones de interpretación y sesiones de diseño participativo.

Implementación del prototipo: Con un prototipo de baja o media fidelidad inició la codificación, se realizaron ajustes al diseño mediante iteraciones entre la implementación y el diseño, para conseguir un prototipo de alta fidelidad.

Evaluación del videojuego: Se realizó un diseño de una evaluación para probar el videojuego con un grupo de niños de preescolar. Hecho esto, el prototipo de alta fidelidad fue evaluado en base a los parámetros definidos en la evaluación diseñada y se realizó un análisis de los resultados obtenidos durante dicha evaluación.

1.4 Estructura de la tesis

Este Documento se divide en 7 capítulos. En el capítulo 2 se describen algunos trabajos de investigación relevantes que se pueden encontrar en la literatura y videojuegos que se pueden conseguir de forma comercial, señalando algunos de sus beneficios y limitaciones. El capítulo 3 contiene el desarrollo del estudio contextual que se realizó para tener una visión integral de los procesos utilizados actualmente en las aulas de preescolar. El capítulo 4 contiene el proceso de diseño del videojuego, que consistió en la realización de sesiones de diseño para la obtención de un prototipo de baja fidelidad. En el capítulo 5 se describe el funcionamiento del videojuego por medio de diagramas. En el capítulo 6 se presenta el desarrollo de la evaluación realizada al videojuego. Por último, en el capítulo 7 se discute acerca de los resultados obtenidos en este trabajo, así como las limitaciones del mismo y el trabajo que se pudiera realizar en el futuro.

Capítulo 2. Trabajos relacionados

En este capítulo se describen algunos aspectos de la enseñanza de las matemáticas a nivel preescolar, considerando especialmente aquellas características que den indicios de que un *exer-learning game* pueda llegar a ser una estrategia viable para estimular el pensamiento matemático en niños. Se consideran algunos videojuegos destacados para la enseñanza de las matemáticas y trabajos relacionados donde se utilizan interfaces naturales de usuario en niños, con el fin de obtener información sobre los beneficios y limitaciones de las estrategias utilizadas en cada uno de los ejemplos que se mencionan.

2.1 Matemáticas en preescolar

En preescolar no se enseñan matemáticas como una asignatura, ni se cuenta con una forma de evaluar a los niños en este aspecto. El principio que se sigue es el de dejar una base que apoye el aprendizaje con relación al pensamiento matemático, de acuerdo al programa de educación de preescolar (PEP) de la Secretaría de Educación Pública (2013), el cual es el que rige las actividades en este nivel educativo. El PEP divide las actividades de pensamiento matemático en dos aspectos relacionados con la construcción de nociones matemáticas básicas; una es número y la otra es forma, espacio y medida. En algunos salones de preescolar se comienza a introducir tecnología para el desarrollo del pensamiento matemático de los niños. En particular utilizando videojuegos ya que es práctica común buscar que mediante juegos los niños obtengan las competencias necesarias en matemáticas y en otros campos formativos. Una competencia es la capacidad de una persona para actuar con eficacia en cierto tipo de situaciones mediante la puesta en marcha de conocimientos, habilidades, actitudes y valores (SEP, 2013).

Las competencias que se espera que un niño obtenga en el campo formativo de pensamiento matemático según el PEP son las siguientes:

- En el aspecto de número:
 1. Utilizar los números en situaciones variadas que implican poner en práctica los principios del conteo.
 2. Resolver problemas en situaciones familiares y que impliquen agregar, reunir, quitar, igualar, comparar y repartir objetos.
 3. Reunir información sobre criterios acordados.
- En el aspecto de forma, espacio y medida:

1. Construir sistemas de referencia en relación con la ubicación espacial.
2. Identificar regularidades en una secuencia, aparte de criterios de repetición, crecimiento y ordenamiento.
3. Construir objetos y figuras geométricas tomando en cuenta sus características.
4. Utilizar unidades no convencionales para resolver problemas que implican medir magnitudes de longitud, capacidad, peso y tiempo e identificar para que sirven algunos instrumentos de medición.

Existen distintos tipos de juegos y videojuegos con actividades que podrían servir para desarrollar el pensamiento matemático de los niños. En las siguientes secciones se describen algunos videojuegos que son relevantes para este trabajo.

2.2 Videojuegos serios

Los videojuegos serios son un tipo de videojuego donde la diversión no es el principal objetivo. Lo que se busca es que el usuario obtenga algún conocimiento o beneficio (Al-Washmi et al., 2014). Si bien el objetivo principal no es el entretenimiento, esto no significa que son videojuegos aburridos. El entretenimiento y diversión es parte de cualquier videojuego solo que en los videojuegos serios esto queda en segundo plano para dar pauta a obtener un beneficio en la vida diaria, y que no termine con un simple incentivo virtual, esto mientras que el usuario se divierte como lo haría con cualquier otro tipo de videojuego. son muchos los beneficios que se podrían obtener del uso de un videojuego serio, en esta sección se lista algunos videojuegos educativos enfocados específicamente en la educación en matemáticas para niños de la primera infancia.

Actualmente existen distintos tipos de videojuegos serios, disponibles en línea o en algunas consolas de videojuegos comerciales. En Los videojuegos serios que se encuentran disponibles en línea, se busca apoyar el aprendizaje de niños de temprana edad, pero los métodos de interacción que utilizan son los medios clásicos diseñados para un público adulto como lo son el teclado y/o el ratón, estos métodos de interacción no demeritan la utilidad de los videojuegos, pero resulta complicado de utilizar para algunos niños.

Ejemplos de este tipo de videojuegos son Pipoclub y IXLMath. Pipoclub es un sitio web con una colección de juegos educativos para niños de la primera infancia (ver Figura 2). Los videojuegos son interactivos y no solo son de matemáticas, utilizan mayormente el teclado y el ratón, aunque también cuenta con algunas aplicaciones móviles que utilizan una interfaz táctil. Pipoclub requiere del pago de una membresía

para acceder a la versión completa y llevar un registro de las actividades de un niño. Este sitio se enfoca a la educación en el hogar por parte de los padres de familia.



Figura 2. Ejemplo de videojuego serio Pipoclub (<http://www.pipoclub.com>).

Un sitio de internet con una colección de juegos educativos especializados en matemáticas es ixlMath (ver **Figura 3**). Este sitio cuenta con distintas actividades organizadas por niveles educativos para niños desde los 3 años de edad. Cuenta con una versión en línea y con una aplicación móvil. El contenido de las actividades está en inglés y también requiere el pago de una membresía para acceder al conjunto completo de actividades.

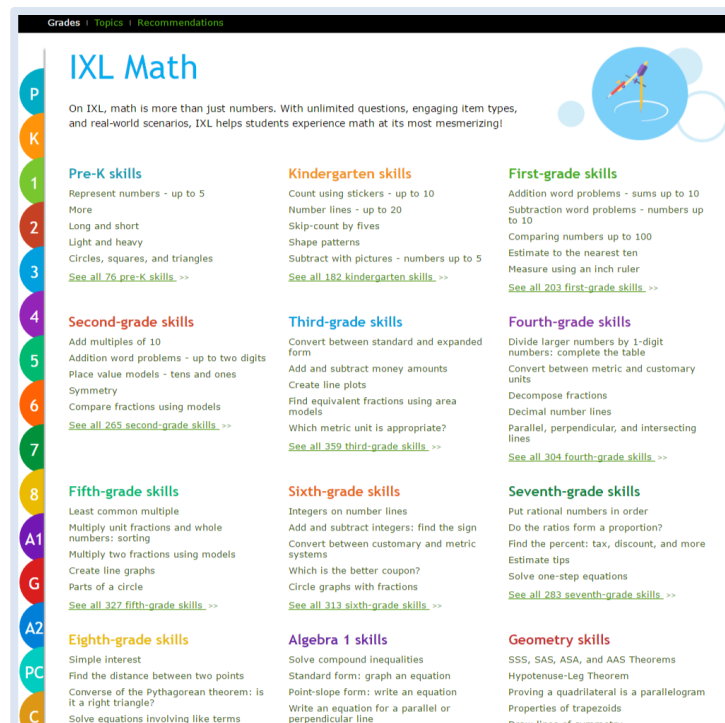


Figura 3. Ejemplo de videojuego serio IXL Math (<https://www.ixl.com/math/>).

2.3 Videojuegos serios basados en movimiento [*exer-learning games*]

Si bien existe una variedad muy grande de videojuegos educativos en línea, las mencionadas en la sección anterior son muy completas y ejemplifican de forma muy completa sus beneficios y limitantes. En algunos de estos sistemas, existe la interacción mediante interfaces táctiles que, aunque se consideran NUIs, siguen siendo una versión emulada de un ratón y un teclado en la mayoría de los casos. Algunos ejemplos de videojuegos que utilizan NUIs correctamente implementadas han demostrado ser adecuados para niños. Existen videojuegos para consolas comerciales como Wii® y Xbox® utilizando Kinect® como Reading Rabbit®, Brain Academy®, brain and body connection. Estas consolas permiten la interacción al interpretar los movimientos del usuario mediante sensores. Si bien el control de Wii no se considera estrictamente una NUI, este permite reconocer algunos gestos realizados por el usuario y con esto la realización de algunos exergames. Por otra parte, el Kinect que si es una tecnología que puede ser considerada como una NUI, permite la interacción mediante movimientos realizados con el cuerpo y comandos de voz.

Gracias a los modos de interacción y actividades que proveen, estos videojuegos son adecuados para niños, pero cuentan con algunos inconvenientes. Al ser software comercial es poco personalizable, es decir, forzosamente se debe seguir cierta secuencia para poder acceder a todas las actividades, y por esta razón, los tiempos y actividades podrían no ajustarse al plan de trabajo de las maestras. Esto hace que estos juegos sean difícilmente adaptables a las aulas. Anteriormente se mencionaron algunos trabajos comerciales basados en NUIs, y a continuación se presentan algunas versiones no comerciales para niños que utilizan NUI's (ver Figura 4). Estos trabajos destacan por tener un enfoque similar al del trabajo descrito en este documento.

Las reliquias del explorador: Implementa una superficie interactiva, las superficies interactivas despliegan información sobre una superficie horizontal y/o vertical en donde se puede manipular dicha información mediante objetos virtuales, el tacto o movimientos del cuerpo; Un ejemplo de este tipo de superficies son los pisos interactivos como “Las reliquias del explorador” (Cibrian, 2014) donde se presenta la información en el piso proyectando desde arriba y detectando la posición y los movimientos del usuario para así modificar la información mostrada (**Figura 4 (a)**), en dicho trabajo se busca apoyar la colaboración en niños.

Hopscotch (Lucht y Heidig, 2013): Es una prueba de concepto de lo que se define como un *exer-learning game*, consiste en la implementación del juego *Hopscotch* o “el avión” en el cual se dibuja en el piso una estructura con números (**Figura 4 (b)**). Esta implementación consiste en mostrar una pregunta en un monitor y la respuesta se daría saltando sobre un tapete sensible a la presión, esta implementación

contempla temas de historia, lenguaje y matemáticas, en el caso de las matemáticas solo las tablas de multiplicar, todo esto con el objetivo de que los niños mejoren su actividad física mientras aprenden.

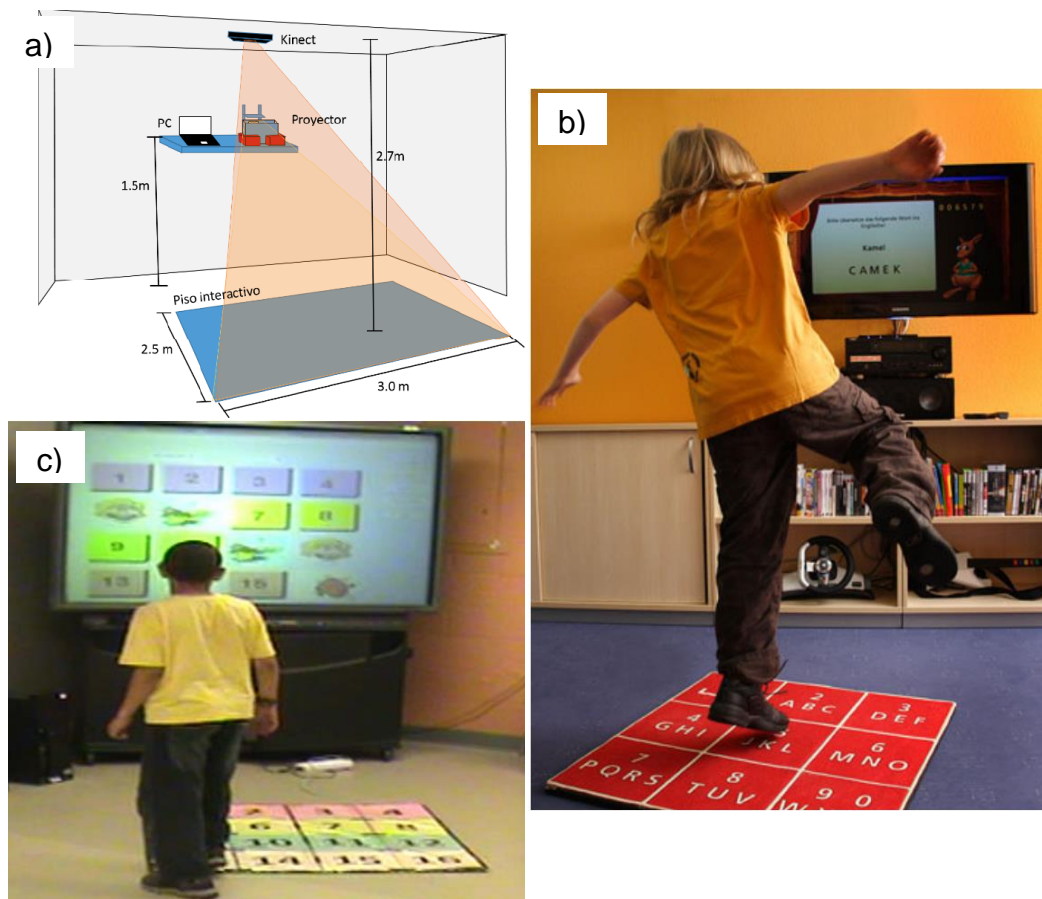


Figura 4. Ejemplos de NUIs a) Piso interactivo b) Hopscotch c) MeMaPads.

MeMaPads (Karime et al., 2012): Este videojuego tiene una implementación parecida al anterior, pero se enfoca concretamente en las matemáticas. Consiste en un tapete sensible a la presión que tiene una cuadrícula con números, una pantalla y unos altavoces para ofrecer retroalimentación visual y auditiva al usuario (**Figura 4** (c)). Tiene implementados dos juegos; uno de ellos el juego de memoria (buscar pares en un conjunto desordenado por turnos) y otro que consiste en realizar multiplicaciones. En ambos juegos la dinámica es que el niño debe posicionarse en una celda de la cuadrícula y esta tiene una versión digital mostrada en la pantalla del monitor que representa la opción seleccionada por el niño. En esta implementación se tiene la intención de apoyar la salud y el aprendizaje de las matemáticas. Un enfoque sumamente parecido al que se plantea en este documento, sin embargo, en este trabajo se espera poder implementarlo en aulas y en una población un poco más joven.

Estos trabajos son adecuados para apoyar el aprendizaje en niños, ya que no requieren del manejo de un control diseñado para adultos. Las limitaciones de estos proyectos son su enfoque centrado en la salud y el diseño de actividades para niños mayores a 6 años, ya que las actividades son en su mayoría demasiado complejas para niños de preescolar. Sin embargo, demuestran que utilizar un enfoque parecido podría ser adecuado para la realización del videojuego que se propone en nuestra población (4-6 años).

2.4 Resumen

Dadas las competencias de matemáticas que se espera que un niño en preescolar logre adquirir en preescolar, se presentaron algunas de las tecnologías que han sido probadas en niños para apoyar el aprendizaje de las matemáticas. En la **Tabla 1** se muestran algunos aspectos relevantes de los videojuegos presentados en este capítulo, que si bien no son los únicos que existen, los videojuegos mencionados cubren gran parte de las características de las opciones disponibles en el ámbito de las matemáticas durante la primera infancia.

Tabla 1. Aspectos relevantes de los videojuegos presentados.

Videojuego	Modo de interacción	Objetivos	Población	Limitaciones
Pipoclub	Teclado, Ratón, Touch	Matemáticas y lectoescritura	Niños desde 2 años	Modo de interacción, requiere licencia
IxIMath	Teclado, Ratón, Touch	Matemáticas	Niños y jóvenes desde preescolar	Modo de interacción, requiere licencia idioma ingles únicamente
Reading rabbit®	Control Wii	Lectoescritura y matemáticas	Niños desde 3 años	Requiere de una consola, tiempos fijos
brain academy®	Control Wii	Matemáticas, memoria, agilidad mental	Niños desde 3 años	Requiere de una consola, tiempos fijos
Brain and body connection	Kinect	Matemáticas, agilidad mental	Niños y jóvenes desde 6 años	Población mayor, Requiere de una consola, tiempos fijos
Reliquias del explorador	Superficie interactiva(piso)	Colaboración	Niños entre 4-6 años	No apoya matemáticas
Hopscotch	Tapete sensible a la presión	Matemáticas	Niños desde 6 años	Población mayor
MeMaPads	Tapete sensible a la presión	Matemáticas, memoria	Niños desde 6 años	Población mayor

Capítulo 3: Estudio Contextual

Con el objetivo de diseñar un sistema adecuado para ser usado dentro de las aulas, se realizó un estudio contextual para tener una visión integral de las actividades y métodos que actualmente utilizan las maestras de preescolar para estimular el desarrollo del pensamiento matemático. Además, en este estudio se buscaron los movimientos que mejor se adecuaran a la capacidad motriz de los niños, para utilizarlos como medio de interacción entre el juego y el usuario.

3.1 Reclutamiento y recolección de datos

El estudio se realizó en dos jardines de niños en la ciudad de Ensenada, B.C., México. En el reclutamiento, se explicó el objetivo del estudio a las directoras de cada uno de los jardines de niños y se les solicitó su autorización para entrevistar a las maestras y observar las actividades en las sesiones de actividad física y pensamiento matemático de los niños. Teniendo la autorización de las directoras, se inició la recolección de datos. En la **Tabla 2** se describen las características generales de los participantes en el estudio.

Tabla 2. Características de los participantes.

Participantes	Cantidad	Edad (años)	Nivel de estudios
Niño/as	14	4-5	2do grado preescolar
Niño/as	16	5-6	3er grado preescolar
Maestras	4	30-40	Licenciatura en educación

En la etapa de recolección de datos se realizaron 13 sesiones de observación directa no participativa con una duración aproximada de 1 hora cada una; en una observación directa, se observa a los usuarios directamente por el investigador mientras realizan sus actividades (Preece et al., 2015). Al finalizar las sesiones de observación se realizaron 4 entrevistas semi-estructuradas a las maestras de segundo y tercero de preescolar en cada uno de los dos jardines de niños. En una entrevista semi-estructurada se usan preguntas tanto abiertas como cerradas y se cuenta con un guion solo para asegurarse que todos los temas sean cubiertos (Preece et al., 2015). Todas las observaciones fueron registradas en una bitácora utilizando el formato mostrado en la **Figura 5**.

Actividades que los niños de preescolar realizan en el aula para desarrollar el pensamiento matemático					
Reporte de Observación					
Investigador: Luis Miguel Vázquez Alfaro					
Informante: --			Seudónimo: M3		
Lugar: Estancia infantil CICESE			Rol: Educadora 3 ^{er} grado		
Fecha: 2015-09-15			Tiempo de observación: 73 min		
Hora inicio: 8:45			Hora fin: 9:58		
Tiempo	Actividad	Artefactos	Personas	Lugar	Notas

Figura 5. Formato de Reporte de observación.

- Se observaron las clases de activación física y pensamiento matemático que se imparten a los niños en los grupos de segundo y tercero en cada uno de los jardines de niños.
- Las observaciones de las sesiones de actividad física se centraron en tratar de identificar y caracterizar algunos de los gestos de interacción adecuados para los niños.
- En las sesiones de introducción al pensamiento matemático, se observaron y analizaron las diferentes actividades que realizan las educadoras dentro del aula.
- Por su parte las entrevistas sirvieron para corroborar y complementar los datos obtenidos en las observaciones y tener la opinión directa de las maestras respecto a la idea de realizar un videojuego serio basado en movimiento que sea adaptable a las aulas como se estableció en el objetivo general.

3.2 Análisis de datos

Una vez realizadas las observaciones y las entrevistas, se transcribieron los datos recabados para su posterior análisis. Dicho análisis se realizó utilizando la técnica de la teoría fundamentada conocida como codificación abierta, la cual consiste en realizar un análisis detallado línea por línea de los datos recolectados para generar categorías iniciales de acuerdo al objetivo del estudio (Preece et al., 2015). Este análisis se realizó utilizando el software Atlas.ti (Friese, 2011). Este software permite organizar las categorías obtenidas con la codificación abierta.

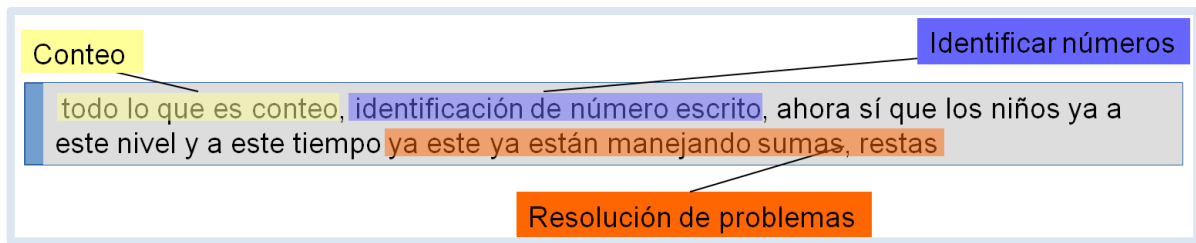


Figura 6. Ejemplo de Microanálisis.

Una vez generadas las categorías con codificación abierta, se obtuvieron las categorías que se muestran en la Figura 6, y se construyó un diagrama de afinidad para organizarlas; un diagrama de afinidad se puede entender como una representación jerárquica de los aspectos relevantes para la población de usuarios construida a partir de las notas de afinidad (Holtzblatt et al., 2005). Para entender mejor un diagrama de afinidad se puede hacer una analogía con las películas o programas de detectives en las que para resolver un caso generalmente se llena una pared con evidencia, esta pared es un diagrama de afinidad y sirve para tener una visión global de las evidencias que se tienen en torno a un caso.

3.3 Resultados del estudio contextual

El diagrama de afinidad permitió organizar las categorías obtenidas mediante codificación abierta y tener una visión general de los resultados obtenidos. En la Figura 7, se muestra el diagrama de afinidad que se obtuvo. En este diagrama se puede observar los conjuntos que agrupan las categorías obtenidas y un macro-conjunto llamado *pensamiento matemático* que agrupa dos conjuntos.

Los dos conjuntos de pensamiento matemático son el aspecto de *número* y el aspecto de *forma, espacio y medida*, cada uno con las diferentes actividades que se realizan para estimular dicho aspecto del pensamiento matemático. Cabe mencionar que, aunque los dos conjuntos cuentan con diferentes actividades, en realidad estas actividades están fuertemente relacionadas. Ya que las actividades que se realizan generalmente abarcan ambos aspectos y es por ello que se encuentran unidas en el macro-conjunto de pensamiento matemático.

En el conjunto de *habilidades motoras* se agrupan las categorías resultantes con base a las habilidades que los niños poseen y realizan diariamente. En *materiales y artefactos* se puede observar algunos de los materiales que utilizan las maestras en las sesiones de pensamiento matemático. Por su parte, *Tiempos*, muestra en minutos la duración de las actividades de pensamiento matemático y el calentamiento que realizan los niños por las mañanas. En *estrategias* se enlistan algunas estrategias que se observaron durante el periodo de observación. El conjunto de *juegos y actividades* contiene algunos de los juegos que realizan al aire libre que fomentan el pensamiento matemático. En *videojuegos de apoyo*, solo hay un

elemento, se trata de uno de los videojuegos mencionados en la sección anterior, que una de las maestras utiliza. En *incentivos* se muestran algunos de los incentivos utilizados actualmente por las maestras de los preescolares visitados. Por último, el conjunto de *necesidades secundarias* pretende mostrar algunas de las características que las maestras consideran importantes para utilizar el videojuego.

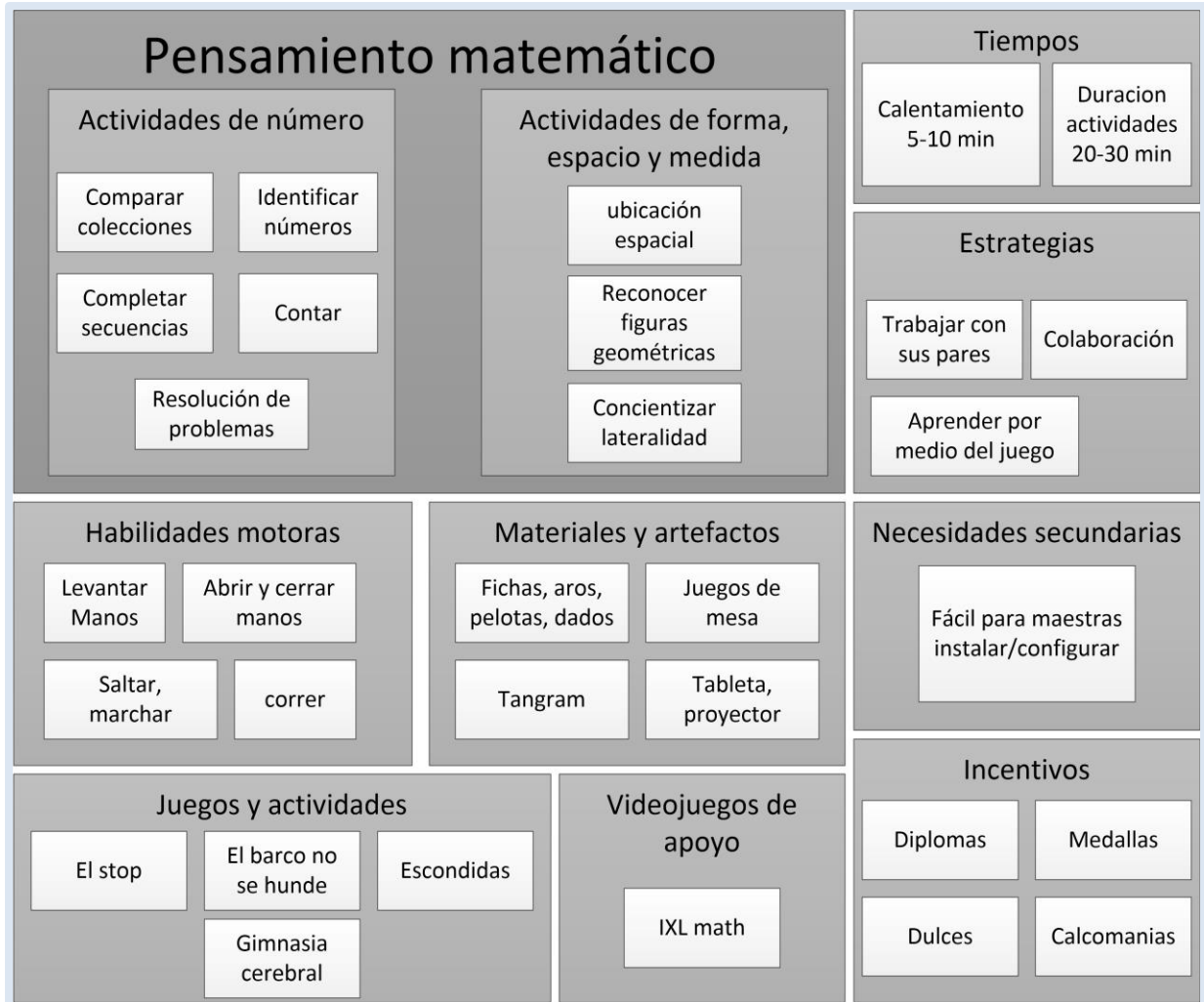


Figura 7. Diagrama de afinidad.

Con base en las observaciones realizadas se generaron unas descripciones de los usuarios típicos que utilizarán el sistema como si fueran personas reales. Este tipo de descripciones son conocidas como personas y tienen la finalidad de facilitar la comunicación de las necesidades del usuario. Son utilizadas en los escenarios; se puede entender como escenario a la descripción de una tarea realizada por una *persona* como si fuera el comportamiento real (Holtzblatt et al., 2004). Las personas desarrolladas se muestran en la **Figura 8**.




	<ul style="list-style-type: none"> • Raúl <p>Es un niño muy activo e inquieto, es difícil mantenerlo enfocado en una actividad ya que termina muy rápido y comienza a distraer a sus compañeros.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Nadia <p>Es una niña distraída y tranquila, se distrae con cualquier cosa y casi no presta atención a las instrucciones.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Claudia <p>Es maestra, es una persona paciente y servicial, y ella se encarga de las actividades para los niños.</p>

Figura 8. Personas

Se generaron dos escenarios típicos de uso, uno de configuración que realizaría la maestra y otro de juego que es el que realizarían los niños, ambos se describen a continuación:

Escenario de configuración

“Claudia, la maestra, decide utilizar el videojuego en una de sus sesiones de pensamiento matemático, y lleva a los niños al salón en donde hay un espacio con los sensores y el proyector, la maestra enciende el PC e inicia el videojuego en el cual selecciona el tiempo y las actividades que se van a realizar, después de esto los niños comienzan a jugar.”

Escenario de juego

“Los niños Raúl y Nadia se posicionan frente a la pantalla y comienzan a realizar las actividades, Raúl comienza a realizar movimientos, los cuales son interpretados en el videojuego. De esta forma logra obtener una respuesta correcta recibiendo una retroalimentación auditiva. Nadia confundida intenta imitar a Raúl, y después de un momento comienza a realizar la actividad. Al completarse el tiempo definido por la maestra, la actividad termina y los niños vuelven a su lugar.”

Tomando en cuenta las personas, los escenarios y la información obtenida en el diagrama de afinidad, se obtuvieron las siguientes consideraciones de diseño:

- **Se deben cubrir los aspectos de pensamiento matemático.** En el aspecto de número (identificar números, contar, resolución de problemas, y completar secuencias) y el aspecto de forma, espacio y medida (reconocer figuras geométricas, ubicación espacial y lateralidad).
- **El grado de dificultad de la actividad tiene que ser de acuerdo al nivel de los niños.** El nivel de complejidad para el niño según el grado escolar en el que se encuentra.
- **Las ayudas y recompensas deben ser visuales y auditivas.** Ya que los niños no saben leer aún.
- **Debe utilizar gestos familiares para los niños.** Gestos que ellos puedan realizar según el grado de motricidad con el que cuentan actualmente.
- **El tiempo de juego debe ser corto.** Entre 5-10 min.
- **Debe ser multijugador.** Para que exista interacción entre los niños.
- **Debe usar temáticas que sean familiares para los niños.**
- **Debe ser fácil de usar/configurar para las maestras.**

3.4 Resumen

Se realizó un estudio contextual en 2 jardines de niños en la ciudad de Ensenada, Baja California; el estudio se dividió en tres etapas: el reclutamiento, donde se seleccionó el lugar y los participantes del estudio, la recolección de datos, la cual consistió en realizar entrevistas y observaciones a los participantes en el estudio y por último el análisis de los datos donde se generó un diagrama de afinidad, personas y escenarios de uso. Con el diagrama de afinidad y los escenarios se generaron algunas consideraciones de diseño que serían utilizadas en la elaboración del prototipo del videojuego.

Capítulo 4: Diseño del videojuego

Con la finalidad de diseñar un primer prototipo de baja fidelidad, se tomaron las consideraciones de diseño obtenidas en el estudio contextual y se realizaron 4 sesiones de diseño participativo con los niños y las maestras de cada uno de los jardines de niños y una sesión de diseño con expertos en interacción humano-computadora.

En este capítulo se describen los objetivos, materiales y resultados de cada una de estas sesiones. Se contemplaron diferentes tecnologías que podrían ser adecuadas para la realización del videojuego. Entre ellas la realización de una superficie interactiva, en la pared, en el piso o ambas a la vez, o utilizando gestos en el aire con todo el cuerpo o solo con las manos. Se llegó a la conclusión de que las opciones más adecuadas eran utilizar un piso interactivo y el uso de gestos en el aire con todo el cuerpo. Por lo que en la primera sesión de diseño se buscó elegir la que fuese más adecuada, ya que como se muestra en la Tabla 3, ambas tenían ventajas sobre el resto de las tecnologías contempladas, sin embargo no había un beneficio claro de utilizar una u otra.

Tabla 3. Comparación de tecnologías.

	Piso interactivo	Gestos en el aire	Superficie (pared)	Gestos con las manos
Permite colaboración	★	★	★	★
Adecuado para un exergame en preescolar dentro del aula	★	★	★	★
Levantar manos	✘	★	★	★
Marchar	★	★	✘	✘
Correr	★	✘	✘	✘

4.1 Selección de la tecnología a utilizar

Con el objetivo de elegir y probar la tecnología más apropiada para el aula de clases, se llevó a cabo una sesión de diseño participativo con los niños de preescolar (n=30) y las maestras(n=4). Si bien se tiene la idea general de realizar un videojuego serio basado en movimiento existen varias dinámicas para realizarlos, en base a las observaciones de actividad física de los niños se eligió la tecnología más adecuada.

Dado que el reclutamiento se realizó en el mismo sitio donde Robles Cibrian (2014) realizó su trabajo y probó un piso interactivo (Figura 9 (izquierda)) por lo que las maestras ya estaban familiarizadas con esta tecnología. Se realizó una implementación de una aplicación para probar únicamente los gestos en el aire como se muestra en la Figura 9 (derecha).



Figura 9. Piso interactivo (Izquierda), Gestos en el aire (derecha).

La aplicación que se llevó a cabo en esta primera sesión se adaptó de uno de los demos de las herramientas de desarrollador del sensor Kinect® llamado "Skeleton Basics-WPF". Esta adaptación reconoce 2 esqueletos completos, que es el número máximo que permite el sensor por defecto. El sensor permite reconocer hasta 6 esqueletos, pero solo 2 son monitoreados completamente. Los esqueletos completamente monitoreados devuelven varios puntos representando articulaciones del cuerpo humano como se muestra en la Figura 10 y del resto de los esqueletos solo obtiene la posición aproximada de la espina.

Los esqueletos completos permitieron reconocer algunas de las habilidades motoras que se encontraron en el diagrama de afinidad. Se probó esta tecnología y la precisión con la que eran detectados los gestos en el aire que los niños realizaban. Para con estos datos decidir, con ayuda de las maestras, entre esta tecnología o la de un piso interactivo.

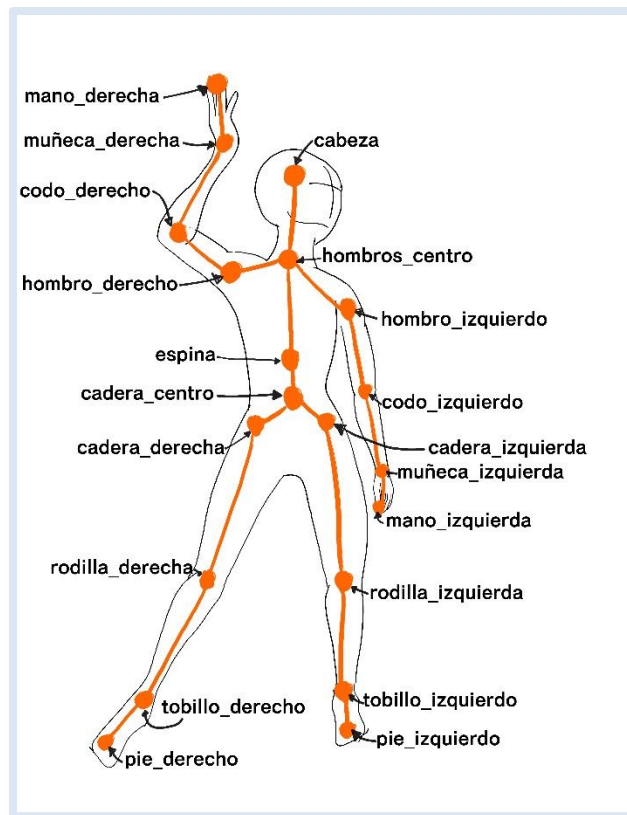



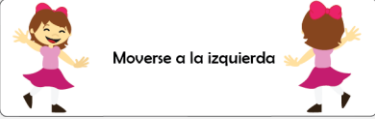


Figura 10. Articulaciones monitoreadas por el sensor Kinect.

Esta sesión tuvo una duración de alrededor de 35 min por grupo. Al final de la sesión se hizo una pequeña entrevista a las maestras para saber su opinión respecto a la tecnología utilizada en comparación con un piso interactivo con una duración aproximada de 5 min.

Los resultados de esta sesión mostraron preferencia por los gestos en el aire por parte de las maestras. Manifestaron que estimulaban el desarrollo psicomotor como un ejercicio más completo respecto a un piso interactivo, ya que se utilizaban las manos y no solo los pies. Igualmente se determinó que la precisión de la tecnología en el reconocimiento de los gestos en el aire era lo suficientemente robusta para trabajar con niños. Una vez que se decidió utilizar la tecnología de los gestos en el aire, se obtuvieron los posibles gestos de interacción para el videojuego que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Gestos de interacción.

Nombre	Descripcion gráfica
Levantar mano derecha	
Levantar mano izquierda	
Levantar ambas manos	
Levantar pie derecho	
Levantar pie izquierdo	
Moverse a la derecha	
Moverse a la izquierda	

4.2 Actividades para el videojuego

La segunda sesión de diseño participativo, se realizó con las maestras de tercero. El objetivo de esta sesión era determinar las actividades a realizar en el videojuego. Como preparativos para esta sesión se llevó algunas ideas preliminares para las actividades.

En esta sesión se realizó una lluvia de ideas para elegir las actividades que se presentarían en el videojuego. Se obtuvo una versión inicial de los escenarios que se tomarían como base para el desarrollo del videojuego después de una sesión de alrededor de 1 hr con cada maestra. Se llegó a un total 4 actividades de juego basadas en las dinámicas que las maestras realizan durante las sesiones y los niveles de dificultad correspondientes. Además, se incluyó una actividad de cierre para mantener el interés en el juego y dar por finalizado el juego.

Las actividades que se definieron fueron las siguientes:

- **Seleccionar la figura.** Esta actividad se enfoca en ayudar el proceso de reconocimiento de figuras geométricas, la coordinación, y la lateralidad; consiste en que el niño mueva una de sus 4 extremidades para seleccionar una figura geométrica que se le mostrará en pantalla.
- **Completar la secuencia.** Esta actividad tiene como objetivo ayudar al niño en el reconocimiento de formas y secuencias, mediante la selección de la respuesta correspondiente. Se deben de levantar las manos para seleccionar la respuesta imitando una de las 3 poses que se presentarán en la pantalla.
- **Preguntas.** En esta actividad el objetivo es ayudar en el reconocimiento de formas y el entendimiento de aspectos numéricos como comparar colecciones, conteo y resolución de problemas; consiste en mostrar una pregunta y tres opciones. Con base en la posición del niño, se selecciona la respuesta correcta pidiéndole que realice alguno de los gestos de interacción como levantar las manos.
- **Mapa.** Esta actividad se enfoca en ubicación espacial. Se mostrará un mapa a un niño y 3 opciones para hacer que un personaje en miniatura avance en el mapa hasta llegar a su meta.

Además, se definieron algunos aspectos generales del videojuego. Contará con 3 niveles de dificultad, uno por cada grado de preescolar. Los premios otorgados serán incentivos en forma de estrella. Debe haber una actividad de cierre para mantener el interés. Los tiempos de las actividades deberán ser configurables por las educadoras.

4.3 Personajes y ambiente del videojuego

La tercera sesión de diseño participativo se realizó con 6 niños y una maestra de preescolar con el objetivo de seleccionar los personajes del videojuego. Se presentaron algunos personajes mencionados por los niños y la maestra como apoyo visual, y se les pidió a los niños que dibujaran el personaje de su preferencia y contaran una historia al respecto (ver Figura 11); esta dinámica es una adaptación de un instrumento en el que se busca que con ayuda de los niños se defina una historia con personajes y ambientes familiares para los niños (López-Arcos et al., 2014). En este caso solo se utilizó para seleccionar los personajes y tener una temática para el videojuego basada en el ambiente de la historia.

Los niños eligieron un ambiente Antártico con pingüinos basados en uno de los personajes, así que la temática del juego sería en el ambiente elegido. Esta sesión tuvo una duración de alrededor de 40 min.

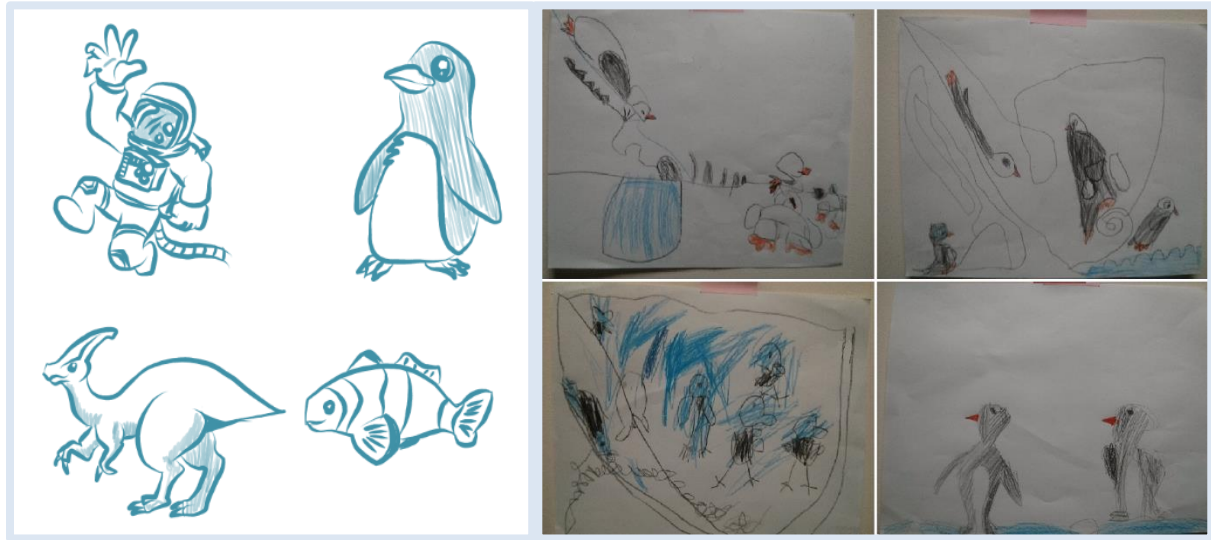


Figura 11. Personajes presentados (izquierda), imágenes realizadas por los niños (derecha).

4.4 Sesión de diseño con expertos

Se realizó una sesión de diseño con expertos con el objetivo de revisar y complementar el diseño. Se mostraron los resultados de las sesiones de diseño anteriores (tecnología a utilizar, actividades y temática), y los bocetos y prototipos desarrollados. Durante la sesión de alrededor de 180 min donde participaron 3 expertos en HCI. Se terminó de definir el menú principal de las maestras los gestos de interacción del videojuego formalmente, además se planteó la definición de algunos modos de interacción y la adaptación a un modo colaborativo en el cual los niños se apoyarán para lograr un objetivo común. Este modo colaborativo se consideró importante para que se generara un ambiente de competición en los niños. Sin embargo, dado que las actividades que se seleccionaron están basadas en actividades que actualmente se realizan en grupo se decidió tomar en cuenta la opinión de las maestras. El nombre del videojuego también fue uno de los resultados de esta sesión, el videojuego se conocerá como ‘Aventuras en la Antártida’.

4.5 Validación de escenarios y gestos de interacción

Finalmente, se llevó a cabo una última sesión de diseño con las 2 maestras de 3er grado de cada jardín de niños, con el objetivo de revisar y validar el diseño. Se validaron las actividades, el menú y los gestos de interacción (ver **Tabla 4**). En esta sesión se decidió el agregar perfiles de usuario para llevar un control de los resultados de cada niño después de cada sesión de juegos. Se discutió acerca del modo colaborativo, y

se concluyó, con ayuda de las maestras, que podría ser buena idea, pero no estrictamente necesario, por último, se pondero la prioridad de cada una de las actividades.

4.6 Resultados del diseño

Como resultado de las sesiones de diseño se llegó a un diseño final, el cual consistiría de 4 actividades de estimulación al pensamiento matemático y una actividad de cierre o enfriamiento. Las actividades se realizarán en pares permitiendo la interacción entre los niños y reducir el tiempo de espera ya que el resto de los niños estarán esperando su turno como lo hacen en los juegos tradicionales.

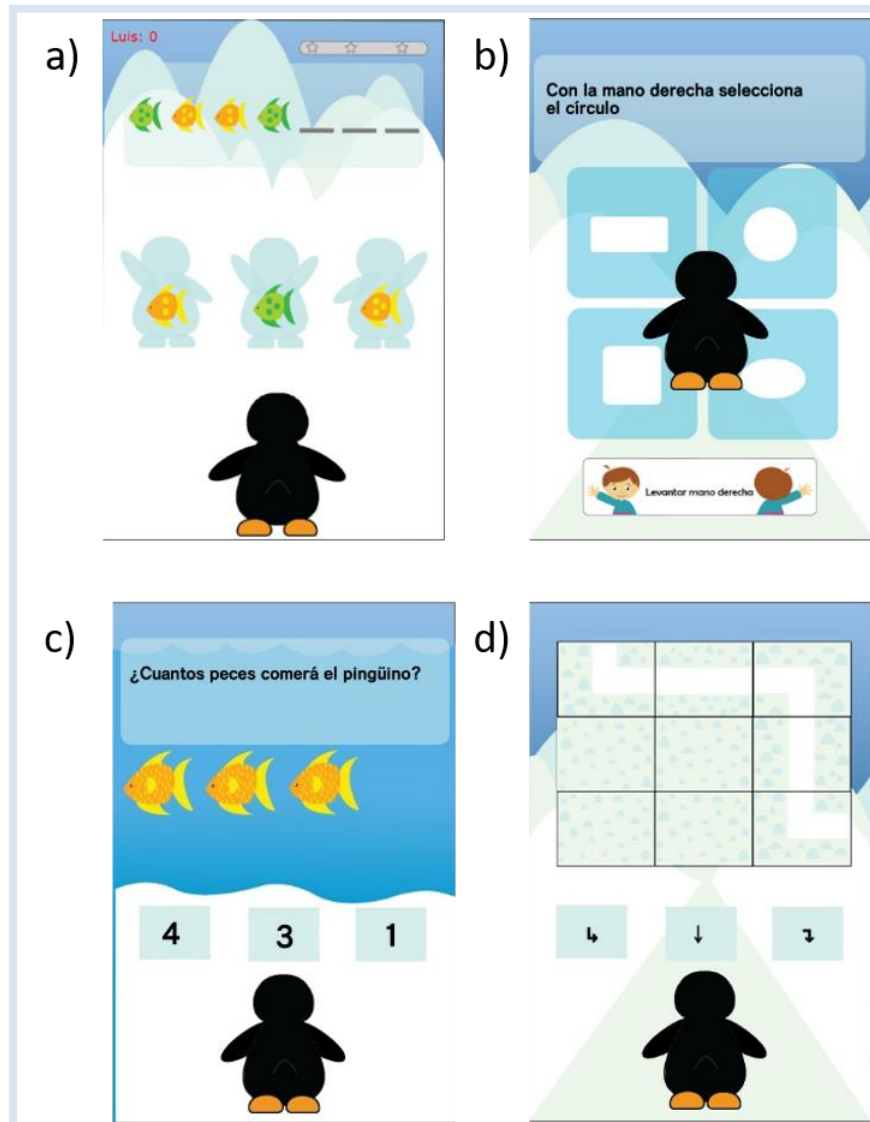


Figura 12. Actividades del videojuego a) Secuencias b) Coordinación c) Preguntas d) Mapa.

A continuación, se describen las 4 actividades del videojuego:

Actividad 1: Esta actividad servirá para que los niños puedan reconocer, entender y aprender las formas y secuencias (**Figura 12 (a)**). Consiste en mostrar al niño una secuencia numérica o geométrica que debe completar moviéndose entre izquierda, derecha o centro y levantando las manos para seleccionar una de las 3 opciones posibles que completan la secuencia.

Actividad 2: Con el objetivo de apoyar el reconocimiento de las formas geométricas y la lateralidad, esto es movimiento y coordinación izquierda/derecha (**Figura 12 (b)**). En esta actividad el niño mueve alguna extremidad para seleccionar la figura que se le indique mediante una instrucción auditiva.

Actividad 3: Proporcionará apoyo para iniciar con el conteo, resolución de problemas, formas y medidas (**Figura 12 (c)**). Consiste en presentar preguntas a los niños y estos deberán moverse a la izquierda, la derecha o al centro para posicionarse sobre la respuesta elegida y levantar ambas manos para finalmente seleccionarla como respuesta a la pregunta.

Actividad 4: Ayudará a entender y aprender los conceptos de ubicación espacial y lateralidad (**Figura 12 (d)**). En esta actividad se muestra un mapa en la pantalla con un punto de inicio y un punto final, en el cual el niño deberá seleccionar la opción que lleve a su avatar de un punto a otro hasta llegar al punto final, mientras algunos elementos como figuras geométricas presentes en el escenario interactúan con el niño en su trayectoria.

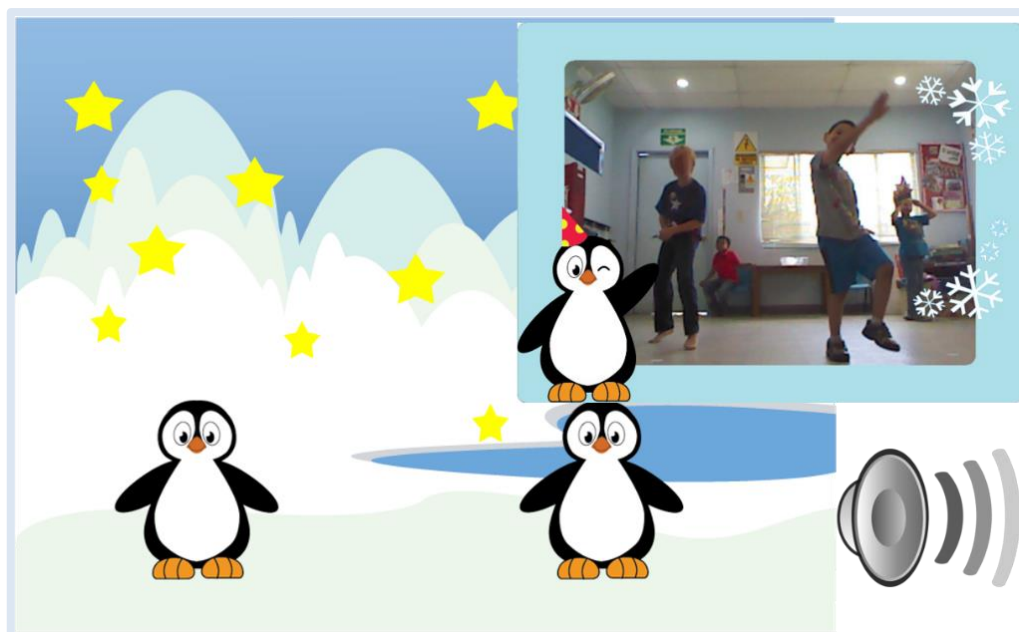


Figura 13. Actividad de cierre.

Actividad de cierre: Está actividad tiene la finalidad marca el fin de las actividades y promueve el interés de los niños en el videojuego (**Figura 13**). Permite al jugador moverse libremente en el espacio del juego.

A través de su movimiento el juego va liberando estímulos para ayudar al niño a que se mantenga activo. Mientras le otorgan recompensas visuales y auditivas que consisten en reproducir frases como ¡buen trabajo! o ¡bien hecho! por participar en el juego y mostrar una fotografía de los participantes al final.

4.7 Resumen

En este capítulo se describió el proceso de diseño del videojuego serio, el cual consistió en la realización de 4 sesiones de diseño participativo con niños y maestras realizadas en 2 jardines de niños en la ciudad de Ensenada, Baja California y una sesión de diseño con expertos en sistemas interactivos. En estas sesiones de diseño se definió la tecnología a utilizar, los gestos de interacción, los personajes y la temática del juego, el menú con el que se iniciarían las actividades de las maestras, tiempos y niveles de las actividades. Al final del capítulo se describen las actividades con las que contará el videojuego.

Capítulo 5: implementación del videojuego

Una vez teniendo claros los escenarios de desarrollo, se comenzó la codificación del videojuego. Se partió del demo utilizado en la primera sesión de diseño participativo descrita en el capítulo anterior. Para iniciar la implementación se realizaron los diagramas de casos de uso, componentes para la arquitectura, clases y secuencias. En este capítulo se describe algunos puntos clave que se tomaron en cuenta para la realización del prototipo. Cabe mencionar que el diseño del videojuego no fue lineal, ya que se realizaron iteraciones durante el desarrollo del videojuego entre la implementación y el diseño.

5.1 Configuración física

La configuración física del videojuego que se implementaría en las aulas, básicamente la que se utilizó en el demo durante las sesiones de diseño, se muestra en la **Figura 14**. Para desplegar el videojuego en la pared se utiliza un proyector de largo alcance y un dispositivo Kinect, ambos conectados a una computadora. Se contempló que el proyector pudiera ser sustituido por un televisor/monitor de tamaño relativamente grande, donde se pudiera apreciar claramente la imagen a 2 metros de distancia. El sensor Kinect se colocó en el centro de la habitación, y se pidió a los jugadores que se posicionaran a un mínimo de 2 metros de distancia del sensor, el cual se encarga de detectar con un sensor infrarrojo la posición y el movimiento del niño.

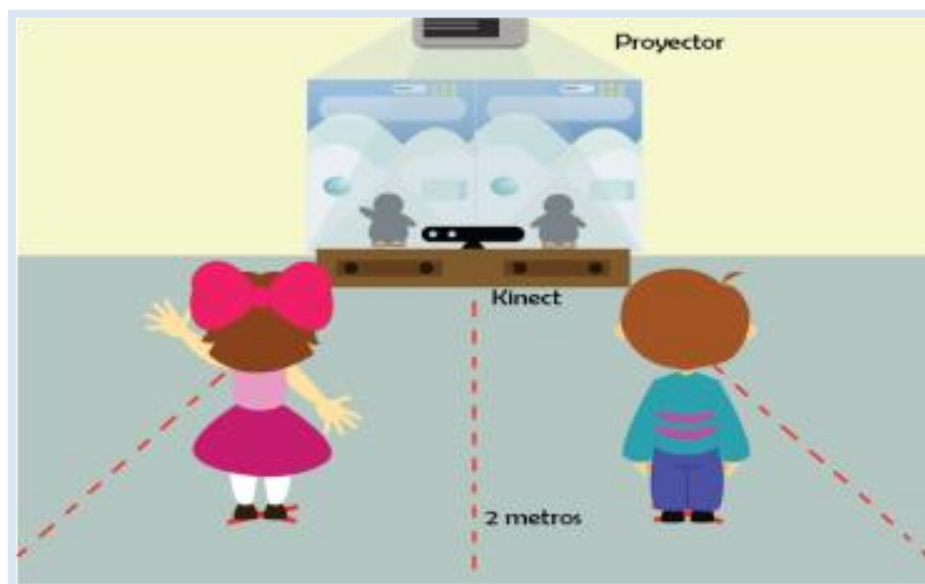


Figura 14. Configuración final para el videojuego.

El software que interpreta los movimientos de los niños como gestos de interacción se encuentra dentro de la computadora. De cada gesto se genera un evento, cada uno de los cuales es utilizado por el videojuego.

5.2 Codificación del videojuego

Para la codificación del videojuego se utilizó el Entorno de desarrollo Visual Studio de Microsoft, utilizando Windows Presentation Foundation (WPF) para la interfaz gráfica, y las librerías Kinect™ SDK para interpretar los gestos en el aire producidos por los niños. Esta codificación se basa en los diagramas que se describen en las siguientes subsecciones.

5.2.1 Arquitectura

El videojuego se desarrolló utilizando una arquitectura MVC (Modelo, Vista, Controlador). La arquitectura MVC divide los componentes de un sistema en 3 roles diferentes. Estos roles definen la comunicación entre los componentes del sistema; los componentes de las vistas contienen información que se presenta al usuario, los componentes modelo, son entidades clave que representan información desplegada en las vistas y datos almacenados en la base de datos. Por último, los controladores son componentes intermediarios que administran la comunicación entre los modelos y las vistas (Dey, 2011).

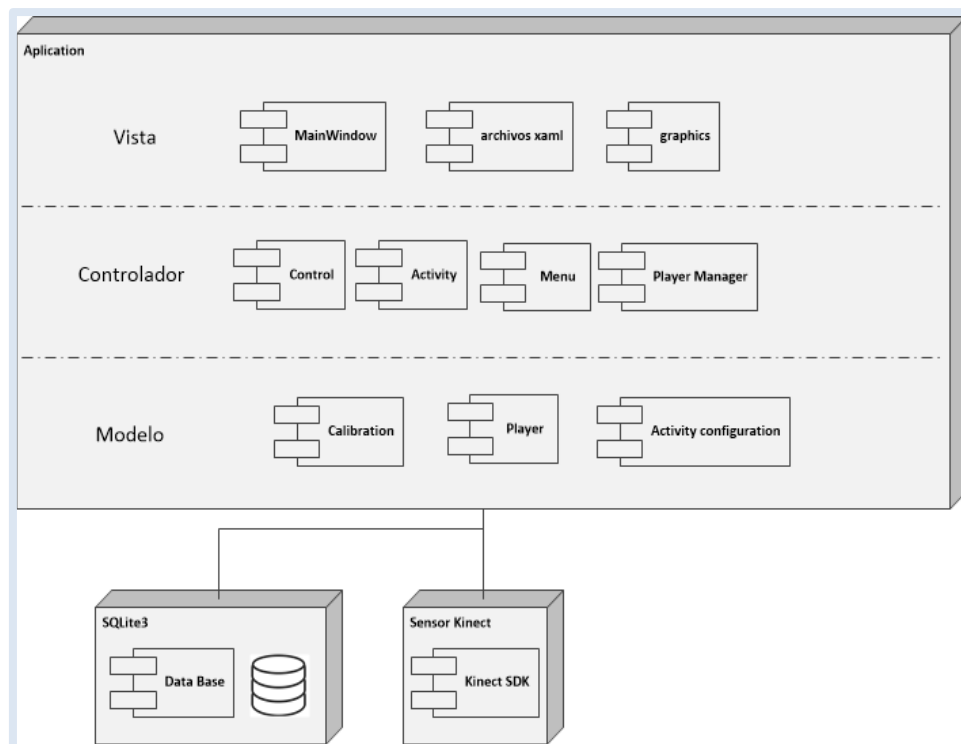


Figura 15. Diagrama de arquitectura.

La arquitectura del videojuego se presenta en la **Figura 15**, en donde se pueden observar los 3 componentes del juego: *sqlite3* que es un componente externo que se encarga de almacenar los datos de los perfiles de usuario, *Sensor Kinect™* también un componente externo encargado de recibir los datos del sensor y *Aplicación* que representa el videojuego y está dividido en capas de vista, modelo y controlador. Este último componente se encargará de la interacción del resto de los componentes.

5.2.2 Casos de uso

Basado en los escenarios de uso, se desarrolló el diagrama de casos de uso que se muestra en la **Figura 16**. Este diagrama describe a grandes rasgos las actividades que realizará cada usuario. Estos diagramas muestran poca información y se complementan con la descripción de cada actividad. Dada la simplicidad de estos diagramas es fácil explicar la funcionalidad esperada del videojuego.

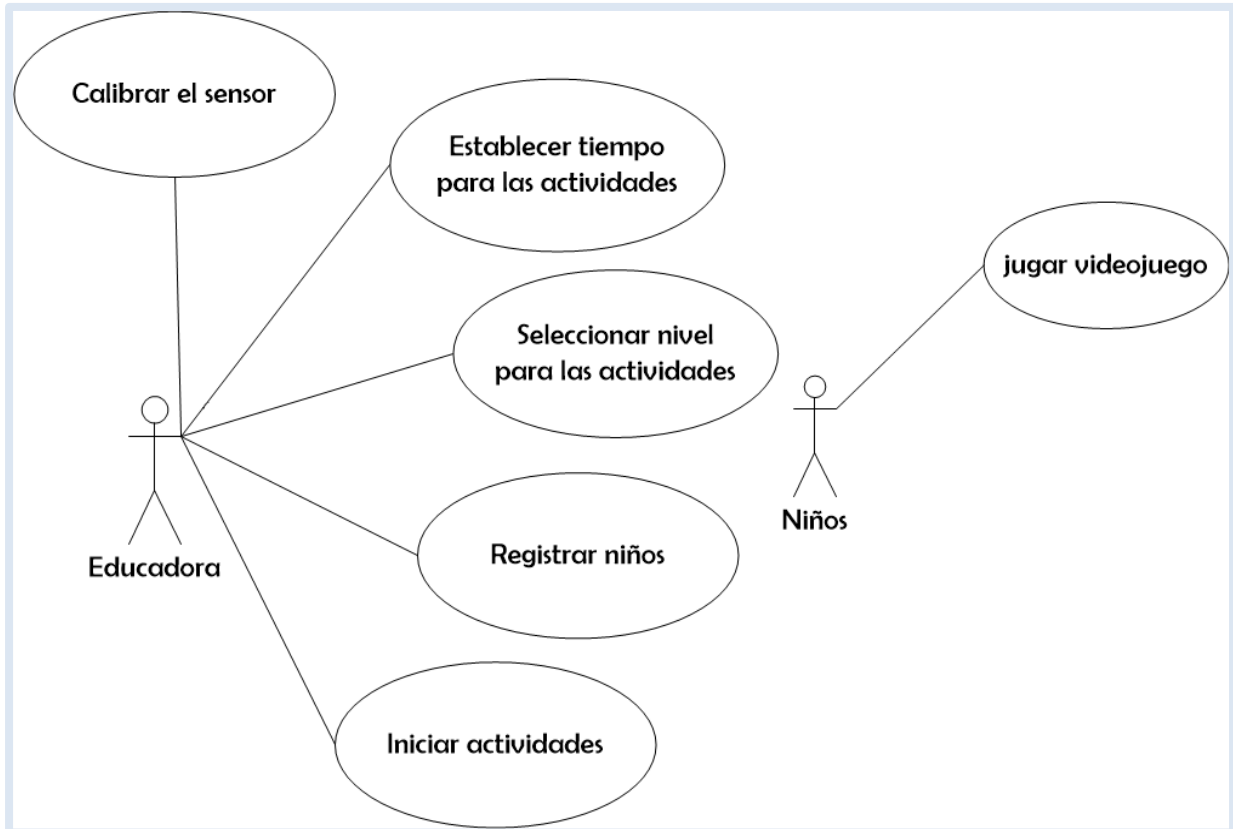


Figura 16. Diagrama de casos de uso.

La maestra se encargará de realizar todas las acciones necesarias para que los niños puedan utilizar el videojuego. No todas estas actividades serían realizadas con la misma frecuencia, lo que hace que la carga de trabajo de la maestra no sea realmente tan grande. Los niños por su parte solo deberán preocuparse

por realizar las actividades que la maestra considere adecuadas. Las actividades que realizaran los usuarios del videojuego se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Actividades de los usuarios del videojuego.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA DE USO
CALIBRAR EL SENSOR	La maestra se asegurará que el sensor sea capaz de detectar a los niños según la posición del mismo sensor.	Una vez cada día que se utilice el videojuego.
ESTABLECER TIEMPO PARA LAS ACTIVIDADES	La maestra designará un tiempo para cada actividad.	Una vez cada día que se utilice el videojuego o a criterio de la maestra.
SELECCIONAR EL NIVEL PARA LAS ACTIVIDADES	La maestra designará un tiempo para cada actividad.	Una vez cada día que se utilice el videojuego o a criterio de la maestra.
REGISTRAR NIÑOS	La maestra asignará un perfil a cada uno de los niños.	Una vez cada ciclo escolar.
INICIAR ACTIVIDADES	La maestra seleccionará los perfiles de los niños que van a jugar.	Una vez por cada sesión de juego.
JUGAR AL VIDEOJUEGO	La única actividad que realizan los niños depende de las actividades que haya seleccionado la maestra.	1 vez cada niño o a criterio de la maestra.

Con base en estas actividades y la arquitectura seleccionada, se generaron las clases para realizar el videojuego las cuales se describen en el diagrama de clases.

5.2.3 Diagrama de clases

El diagrama de clases que se muestra en la **Figura 17**, representa la forma en la que están organizadas las clases del videojuego; una clase en programación orientada a objetos, es la definición de las propiedades y comportamientos de un objeto. Cada carpeta del diagrama de clases es conocida como paquete.

A continuación, se describe cada uno de los paquetes que se muestran en el diagrama de clases:

- **Aventuras en la Antártida.** es el paquete principal que contiene todas las clases en conjunto, y almacena las clases de tipo *vista* en formato texto XAML. XAML del inglés *eXtensible Application Markup Language* es un lenguaje que se deriva de XML y define elementos visuales de forma similar a la que HTML define la estructura de una página web. Este tipo de archivo organiza los componentes visibles de las interfaces de usuario del videojuego.
 - **Juego.** Este paquete se encuentra contenido dentro de *Aventuras en la Antártida*. Contiene el resto de los paquetes que constituyen el videojuego. En este paquete se encuentran las clases de tipo *controlador* que actualizan la información de los archivos *vista* utilizando los paquetes *modelo*, y estos últimos son los únicos paquetes que realizan tareas específicas e independientes.
 - **Dinámicas.** Es el único paquete de tipo *controlador* y es el núcleo del videojuego, ya que en este se define cada uno de los escenarios establecidos y el flujo que seguirá cada actividad. Este paquete no es independiente, y si alguno de los otros paquetes es sustituido de manera inapropiada, es posible que la implementación deje de funcionar correctamente.
 - **Control.** En este paquete de tipo *modelo* se definen dos interfaces una utilizando *Leap Motion™* con fines de desarrollo y otra con el sensor *Kinect™*. *Leap Motion Technology* es una tecnología que permite a los usuarios interactuar con una computadora mediante gestos en el aire realizados con sus manos.
 - **Avatar.** Es un paquete de tipo *modelo* que contiene las clases con información para dibujar el personaje en la pantalla.
 - **Gráficos.** Paquete de tipo *modelo* que contiene un conjunto de definiciones útiles para dibujar imágenes de distintos tipos.
 - **Sonido.** Es un paquete de tipo *modelo* que contiene las clases encargadas de reproducir los sonidos para el videojuego.

- **Modelo.** Este paquete es de tipo *modelo*. Es el único paquete que contiene clases encargadas de guardar datos en la base de datos que están relacionados con entidades clave del videojuego como los perfiles de los usuarios.

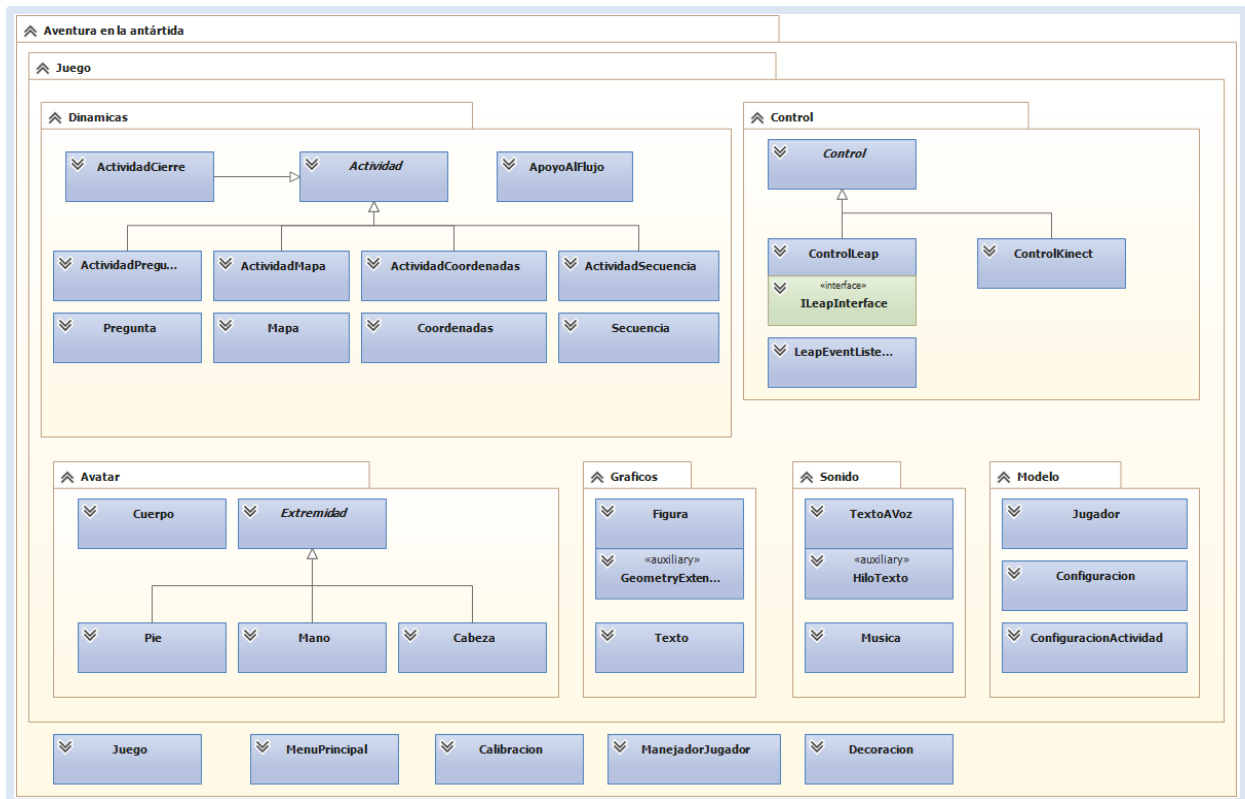


Figura 17. Diagrama de clases.

5.2.4 Diagrama de secuencias

Los diagramas de secuencias definen la interacción entre las clases de un sistema y el flujo que se sigue para realizar una actividad y describen de forma específica los casos de uso. En la **Figura 18** se muestra el diagrama de secuencia para el caso de uso *jugar videojuego* en el cual se puede observar la interacción de del usuario con el videojuego. Se utilizan dos clases, la clase *VistaDeJuego* y la clase *Actividad*. La clase *VistaDeJuego* se encarga de mostrar la interfaz gráfica con la que interactúa directamente el usuario, y la clase *Actividad* se encarga de actualizar los datos de la interfaz mostrada. El usuario juega el videojuego realizando alguno de los gestos de interacción definidos y se inician dos ciclos. En el primer ciclo se inician las actividades que se seleccionaron previamente por la maestra en otro caso de uso. Dentro del siguiente ciclo se actualiza la información de la actividad, es decir, se muestra visualmente la dinámica al jugador y se leen los datos del control para el jugador. Tomando en cuenta la posición del jugador se actualiza su versión digital en el juego. El segundo ciclo termina cuando el tiempo para la actividad llega a 0 y el primero cuando se termina de recorrer la lista de actividades seleccionadas.

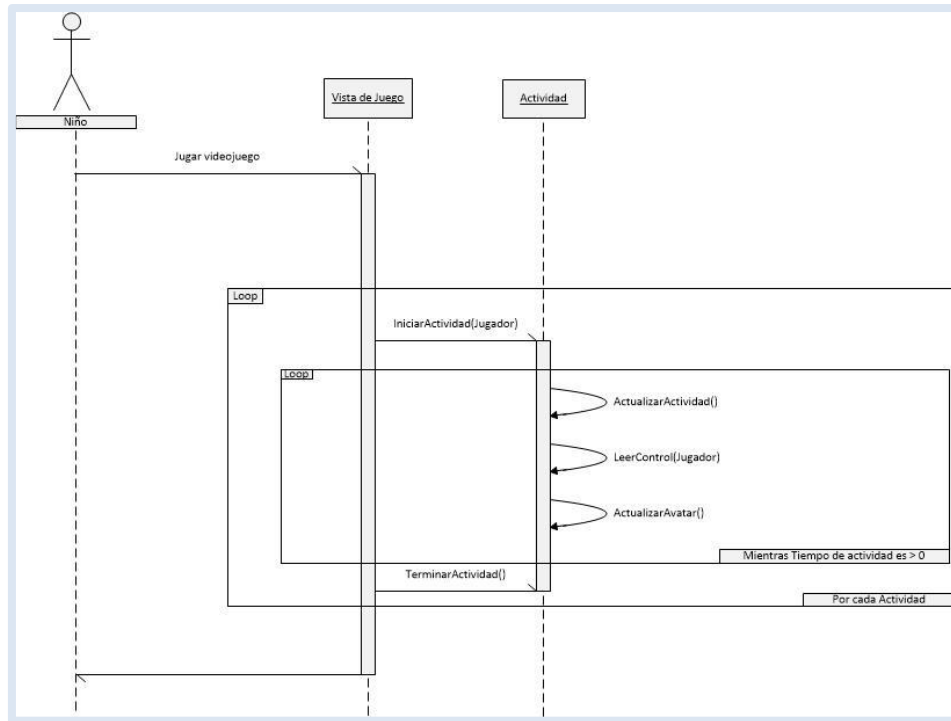


Figura 18. Diagrama de secuencia, jugar videojuego.

5.3 Prototipo de alta fidelidad

El prototipo de alta fidelidad es una versión funcional del videojuego, la cual fue utilizada para el desarrollo del experimento de evaluación. En esta sección se describen las pantallas que componen el videojuego y el flujo de las actividades.

Portada: Es la pantalla inicial del videojuego y se puede apreciar en la **Figura 19 (a)**. A partir de esta se accede a las pantallas de *calibración*, presionando el engrane en la parte inferior izquierda, *administración de perfiles* presionando el botón de *crear jugador* y *menú principal*.

Creación de perfiles: Consiste de dos partes, la ventana de administración de perfiles que permite ver, crear, editar, y borrar los perfiles, y una ventana de creación y edición donde se personaliza el avatar (**Figura 19 (c y d)**).

Calibración: Se utiliza para ajustar la altura del sensor; aquí se presenta una imagen capturada con la cámara del sensor donde se muestra el área de juego, además de unas señalizaciones que permitirían colocar marcas en el piso para ayudar a que los niños se mantengan a una distancia adecuada (**Figura 19 (b)**).

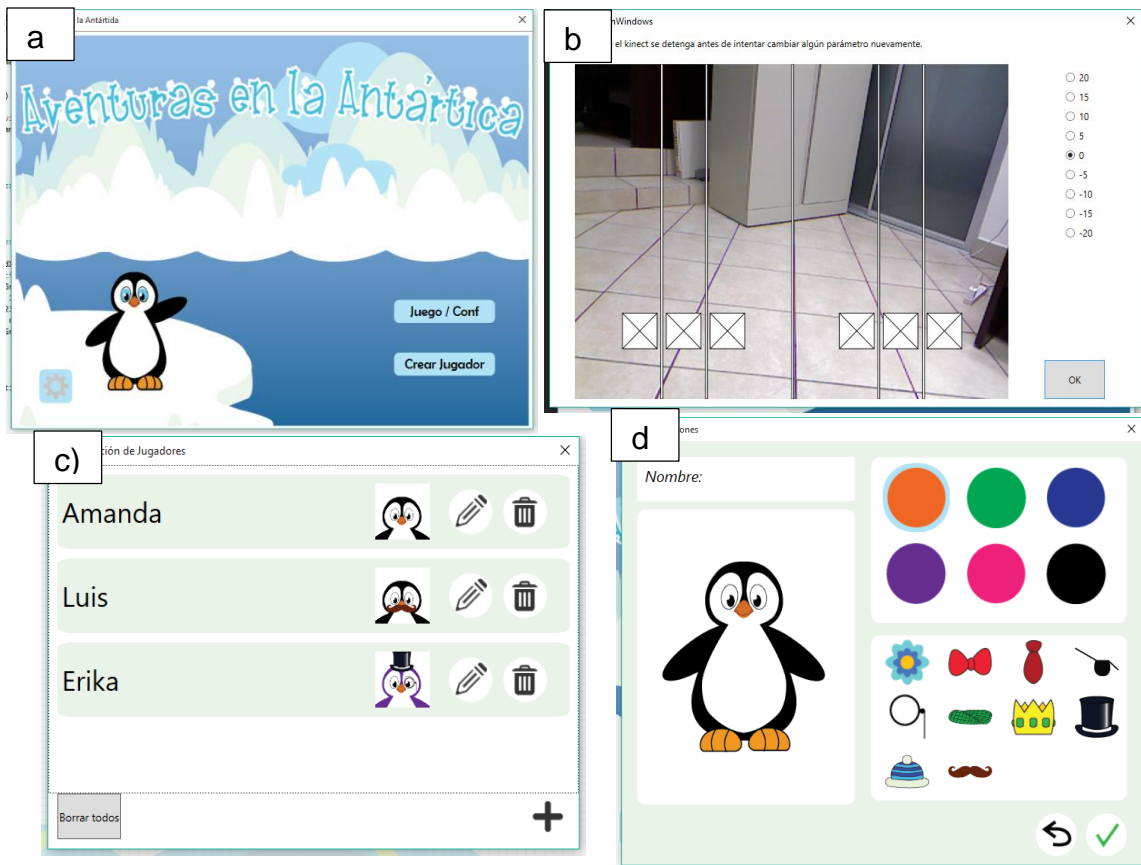


Figura 19. Pantallas del videojuego. a) Portada b) Calibración c) Administración de perfiles d) decoración.

Menú principal: En esta ventana la maestra se encargará de establecer el tiempo y la dificultad de las actividades utilizando el teclado de su computadora. Una vez seleccionadas las actividades deberá elegir los perfiles de los jugadores que participarán **Figura 20**.

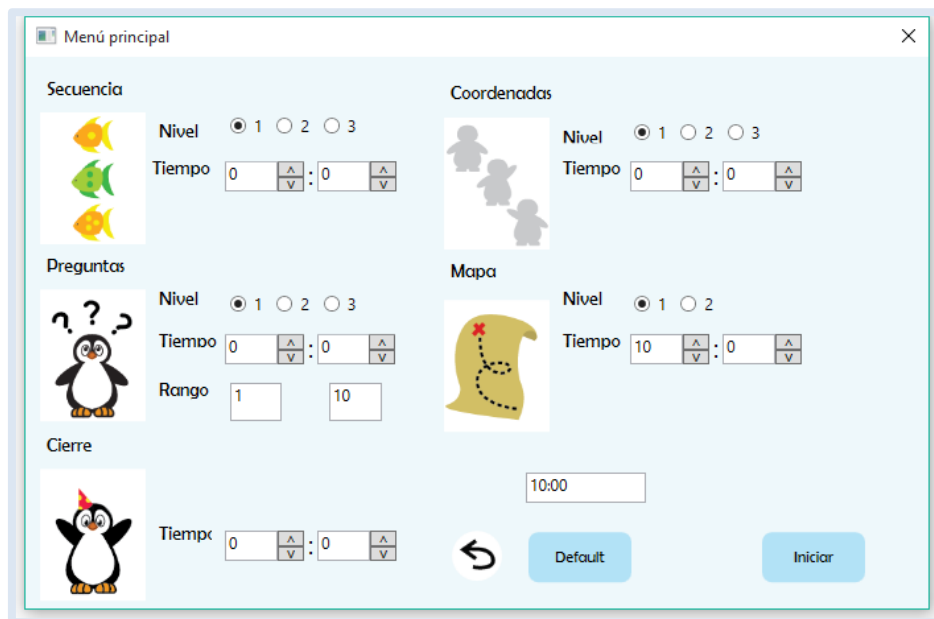


Figura 20. Menú principal.

El flujo general del videojuego se ilustra con el diagrama de flujo de la **Figura 21**. Un diagrama de flujo muestra gráficamente un algoritmo o proceso. Para poder comenzar a jugar el videojuego, primero se tienen que crear al menos dos perfiles de jugadores, ya que el juego está diseñado para que dos niños jueguen a la vez. Una vez creados los perfiles, la maestra, a través del menú principal tiene que configurar que actividades jugarán los niños, así como sus tiempos y el nivel en el que jugarán. Definidas estas configuraciones, se seleccionan los perfiles de los usuarios participantes y dará inicio el juego. Las actividades se ejecutarán de forma secuencial, de acuerdo a los tiempos definidos, hasta terminar el juego.

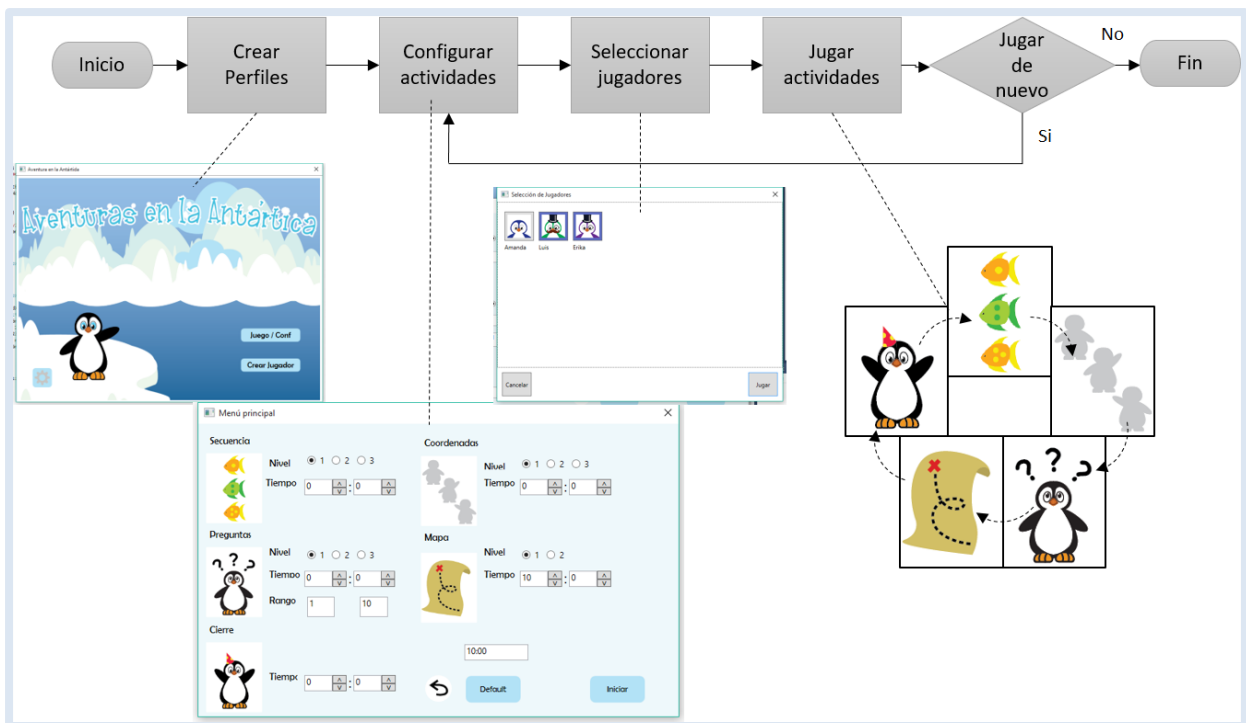


Figura 21. Diagrama de flujo general del videojuego.

Al terminar, el videojuego regresa al menú de la configuración de actividades.

En el diagrama de flujo que se muestra en la **Figura 22**, se describe de manera un poco más detallada la parte del diagrama de flujo general de *jugar actividades*.

1. **Iniciar controles y cargar datos.** Se inicializa el control y se cargan los datos necesarios como el nombre del usuario y las características del avatar.
2. **Preparar siguiente actividad.** En este proceso, se cargan los datos requeridos para la actividad como el nivel y el tiempo.
3. **Iniciar actividad.** La actividad genera una pregunta inicial.

4. **Leer datos del sensor.** Se obtienen los datos generados por el sensor para conocer los gestos realizados por los usuarios.
5. **Actualizar avatar.** Se actualiza la posición y la pose del avatar con los datos obtenidos del sensor.
6. **Actualiza el estado de la actividad.** En caso de que se haya obtenido una respuesta correcta contestar la pregunta con alguno de los gestos de interacción, en este proceso se actualiza a una nueva pregunta y se dan los incentivos auditivos, en caso de que la respuesta fuese incorrecta se reproduce la retroalimentación auditiva.
7. **Actualizar la pantalla.** Se actualiza el estado de los elementos mostrados en la pantalla con los datos del avatar y la actividad.
8. **¿Término el tiempo?** Cuando el tiempo termina se finaliza la actividad de lo contrario se vuelve a 4 leer datos del sensor.
9. **Finalizar actividad.** Se guardan los resultados de la actividad en la base de datos y se termina la actividad.
10. **¿Falta otra actividad?** En caso de haya otra actividad en la cola se vuelve a 2 preparar siguiente actividad, y cuando no queda ninguna se termina el ciclo de actividades y con ello el caso de uso jugar videojuego.

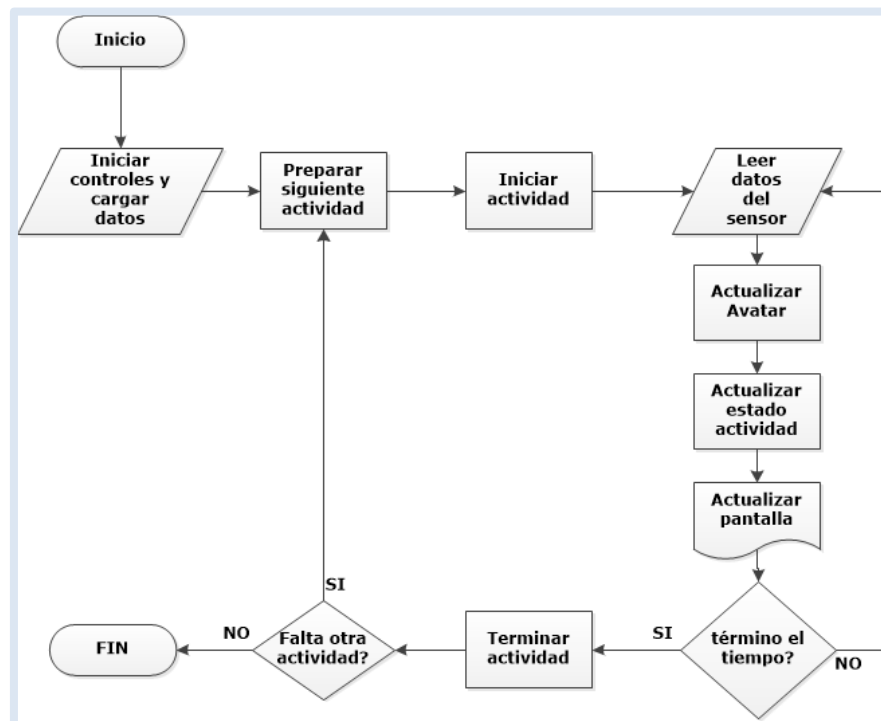


Figura 22. Diagrama de flujo: jugar videojuego.

En general, las actividades del videojuego trabajan de la misma forma y están compuestas de algunos elementos en común, En la **Figura 23** se muestra como está compuesta una actividad, la pantalla del juego muestra dos de estas estructuras durante cada actividad, la del niño de la derecha y la del niño de la izquierda. Estos elementos son básicamente la información que cambia para formar una actividad distinta.



Figura 23. Partes que componen una actividad.

Nombre y barra de avance: Estos elementos son constantes en cada una de las actividades, 'Nombre' representa el nombre del niño que juega la actividad y la barra de avance es una barra que muestra 3 incentivos en forma de estrella. Esta barra se llena conforme el niño otorga respuestas correctas. El porcentaje de avance de esta barra por cada respuesta correcta está relacionado directamente con el tiempo definido para la actividad, es decir, entre más tiempo se otorgue al niño más respuestas correctas requerirá para llenarla. Los 3 incentivos en forma de estrella se obtienen cuando la barra se llena al 10%, 40% y 80% respectivamente.

Pregunta: Dependiendo de la actividad esta sección muestra una instrucción o una pregunta que requiere una respuesta correcta para poder avanzar.

Ayuda gráfica: Es una representación gráfica de la sección de pregunta que sirve como apoyo para encontrar la respuesta, esta área puede fusionarse con la de pregunta dependiendo de la actividad.

Opciones: Es un espacio donde se muestran las opciones disponibles para el usuario.

5.4 Resumen

En este capítulo se describió el proceso de codificación del videojuego serio, la configuración física y la organización interna del videojuego mediante el uso de diagramas. Cada uno de los diagramas presentados describe a un diferente grado de especificación el cómo funciona el prototipo realizado. Para describir el prototipo de alta fidelidad que se obtuvo al terminar la codificación, se mostraron las ventanas utilizadas para calibración y configuración, y mediante el uso de algunos diagramas de flujo el proceso mediante el cual estas ventanas interactúan.

Capítulo 6 Evaluación

En este capítulo se presenta la evaluación del videojuego 'Aventuras en la Antártida'. Se busca comparar las actividades tradicionales con las actividades del videojuego para de esta manera evaluar la experiencia de usuario de 'Aventuras en la Antártida' y el grado de apoyo a la estimulación del pensamiento matemático. La evaluación se realizó en un jardín de niños de preescolar en Ensenada, B.C. México y consistió en la realización del diseño del experimento, el desarrollo del experimento, el análisis de los datos y los resultados obtenidos de dicho análisis como se esquematiza en la **Figura 24**.



Figura 24. Metodología para la evaluación.

6.1 Diseño del experimento

En esta etapa se definieron los objetivos del experimento, las actividades a realizar y los participantes del mismo. Tomando esto en cuenta se definió el paradigma de diseño a utilizar. Los objetivos que se propusieron fueron:

- Evaluar el potencial del videojuego para brindar apoyo al desarrollo del pensamiento matemático a los estudiantes de preescolar.
- Evaluar la experiencia de usuario de los niños al utilizar el videojuego.

6.1.1 Instrumentos

Para medir la experiencia de usuario se utilizó Fun Toolkit (Sim y Horton, 2012), una colección de herramientas creadas para evaluar la experiencia de usuario de niños antes, durante y al finalizar un estudio de evaluación. Este instrumento consta de 3 herramientas *smileyometer*, *again-again table* y *fun sorter*.

Smileyometer. Esta herramienta es utilizada antes y después de que el usuario interactúe con la tecnología. Es un instrumento de opinión basado en una escala Lickert visual, donde las opciones se representan con imágenes como se muestra en la **Figura 25**.



Figura 25. Versión web de smileyometer.

Again-again table. Es una tabla de 4 columnas, en donde la primera contiene una imagen que representa la actividad y las 3 columnas restantes son las opciones de respuesta "Sí", "Tal vez" y "No" a la pregunta "¿Lo volverías a jugar?" (**Figura 26**).

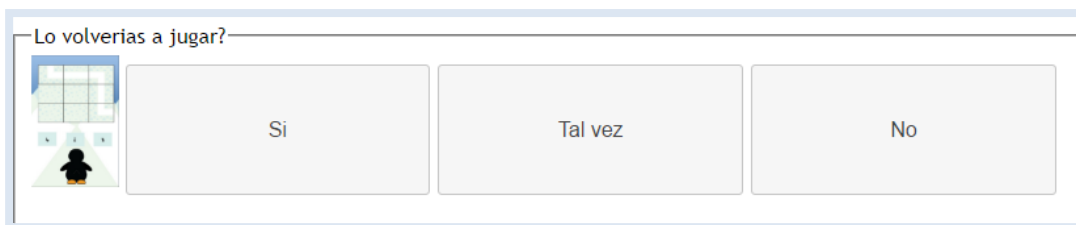


Figura 26. Versión web de Again Again table.

Fun sorter. El usuario ordena unas tarjetas de mejor a peor. Las cuales representan las diferentes actividades del videojuego. Priorizando su experiencia de acuerdo a ciertos criterios como cuál es el más divertido, o más fácil de jugar (**Figura 27**).



Figura 27. Versión web de *fun sorter*.

Fun Toolkit fue implementado en web utilizando algunas librerías de javascript para obtener la respuesta táctil de los usuarios. Las respuestas de los usuarios se recolectaron utilizando una tableta de pantalla táctil mediante un navegador web móvil moderno y las respuestas fueron almacenadas en una base de datos MySQL.

6.1.2 Participantes

El experimento se realizó con 18 niños de 2do y 3er grado de preescolar de un jardín de niños en la ciudad de Ensenada. Cada uno de los participantes realizó actividades de forma tradicional (i.e. utilizando lápiz y papel) y utilizando el videojuego en parejas. Las actividades se describen a detalle en la sección 6.1.4.

6.1.3 Configuración

La configuración del espacio físico en donde se utilizó el videojuego, colocar el proyector, el sensor Kinect y la computadora, se realizó de la forma en que se ilustra en la **Figura 28**. Se determinó que no era necesario colocar el proyector en una posición determinada, pero la imagen se debe proyectar en una superficie lisa de 40" (medida diagonal). Similarmente, el sensor Kinect se debe colocar al centro de la habitación, asegurando un área libre de obstáculos de al menos 2 metros delante de este sensor.

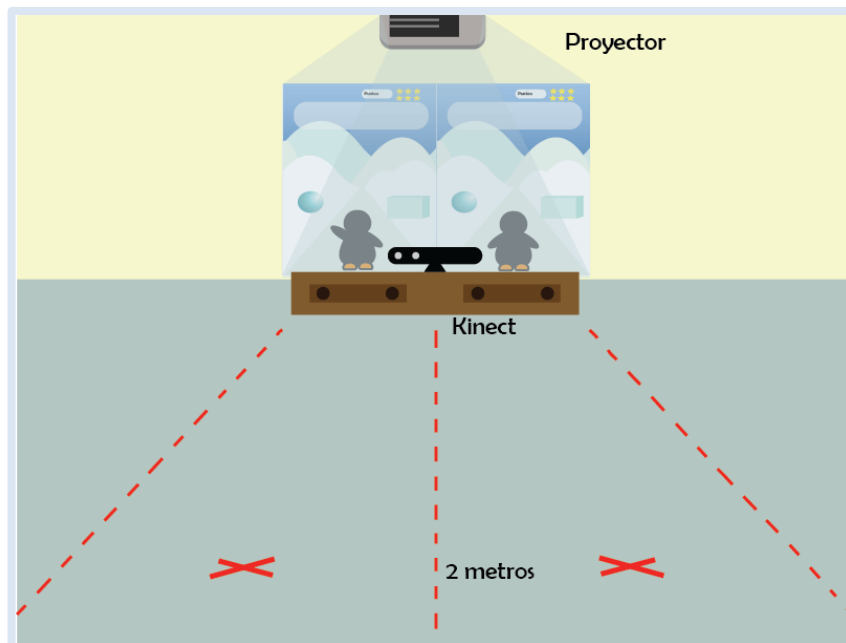


Figura 28. Configuración física utilizada para la evaluación del videojuego.

El videojuego se inicia desde la computadora y se configura la altura del sensor seleccionando el botón de configuración que tiene un símbolo de un engrane, que está colocado en la parte inferior izquierda de la ventana inicial del videojuego (**Figura 29**).



Figura 29. Botón de configuración.

6.1.4 Procedimiento

El experimento se realizó bajo el paradigma intra-sujetos (within subjects) debido a que la cantidad de participantes no era muy grande. En este paradigma los participantes realizan todas las actividades del experimento. La característica principal de este paradigma es que se reduce el impacto en las diferencias individuales de los participantes, permitiendo estimar la forma en que el rendimiento varía a través de las condiciones para cada uno de los participantes (Preece et al., 2015).

Bajo este esquema, se forman 2 grupos del mismo tamaño que realizan las dos actividades de forma intercalada para así evitar posibles efectos negativos en el aprendizaje. De esta manera el grupo uno realiza la actividad A y posteriormente la actividad B, y el grupo dos realiza las actividades a la inversa, lo cual se conoce como contrabalanceo (Preece et al., 2015).

El desarrollo del experimento se llevó a cabo en 3 etapas. Las primeras dos etapas consisten en la realización de las actividades A y B, y en la última etapa los participantes respondieron el instrumento de experiencia de usuario donde se comparan ambas actividades. A continuación, se describe el procedimiento para cada una de las actividades.

Actividad A - Ejercicios con el videojuego, en esta etapa los niños realizaron las siguientes tareas:

- Los niños contestaron un *smileyometer* antes de realizar la actividad.
- En pares los niños realizaron las actividades del videojuego durante un periodo de 2 min cada una.
 - Secuencias: en esta actividad los niños deben completar la secuencia que se les indica utilizando uno de los gestos de interacción.

- Coordinación: los niños deben seleccionar la figura que se les indique.
 - Preguntas: los niños se mueven a la izquierda o la derecha y levantan ambas manos para seleccionar la respuesta correcta.
 - Mapa: los niños se mueven a la izquierda o la derecha y levantan ambas manos para seleccionar el camino a seguir.
- Los niños realizaron las actividades del instrumento *Fun Toolkit* para el videojuego.

Actividad B - Actividades tradicionales, en esta etapa los niños realizaron una serie de ejercicios equivalentes para cada actividad del videojuego, las cuales se definen a continuación:

- Los niños contestaron un *smileyometer* antes de realizar la actividad.
- En pares los niños realizaron las actividades equivalentes a las del videojuego (ver Apéndice 2) durante un periodo de 2 min cada una.
 - Secuencias: Los niños deben completar las secuencias que se les presentan en papel.
 - Coordinación: Los niños deben seleccionar los personajes que sostienen una figura con la mano izquierda o derecha.
 - Preguntas: los niños deben contestar una serie de preguntas.
 - Mapa: los niños deben resolver un laberinto, según las instrucciones que se les indique.
- Los niños realizaron las actividades del instrumento *Fun Toolkit* para las actividades tradicionales.

Al terminar de realizar ambas actividades los niños respondieron el instrumento *Fun Toolkit* para comparar el videojuego contra las actividades tradicionales.

6.2 Desarrollo del experimento

La evaluación se llevó a cabo en la estancia infantil de CICESE y se realizó en 3 sesiones de alrededor de una hora cada una, en donde 5 investigadores video grabaron y apoyaron la realización de las actividades A y B descritas en la sección anterior. Todas las actividades se realizaron dentro del aula de clases y tenían una duración aproximada de 18 min.

Las actividades realizadas fueron grabadas tratando de captar todas las acciones realizadas por los niños. En el caso de la actividad A, se puso especial atención en capturar que tan robusta era la respuesta del juego. Las grabaciones donde aparecía un par de niños realizando alguna de las actividades tenían una duración de aproximadamente 8 min por actividad. En total se obtuvo 144 min de video, mismos que fueron analizados posteriormente. Cabe mencionar que las videograbaciones fueron utilizadas estrictamente con fines de investigación y se mantuvo el anonimato de cada uno de los participantes en todo momento.

6.3 Análisis de resultados

Los datos de los cuestionarios aplicados a los niños (*Fun Toolkit*) que se encontraban en la base de datos MySQL fueron exportados a hojas de cálculo para su análisis.

Los videos fueron analizados utilizando el método de análisis secuencial basado en eventos (Event-Lag), el cual consiste en examinar cada uno de los videos capturados de acuerdo a un esquema de codificación que se definió previamente y que contiene los eventos a codificar (Bakeman y Gottman, 1997). Para la codificación de los videos se utilizaron 2 esquemas, uno basado en el esquema de codificación DEVAN (

Tabla 6) utilizado para detectar problemas de usabilidad y diversión en videojuegos (Barendregt, 2006). Se utilizó además otro esquema para medir cuando los niños realizan algún aspecto para el desarrollo del pensamiento matemático al realizar alguna de las actividades del videojuego. Este esquema de codificación adaptado del trabajo de Cantú, (2015) se puede ver en la

Tabla 7.

Los esquemas utilizados fueron seleccionados con la intención de medir:

1. Las ocasiones en las que el niño realizaba acciones relacionadas a pensamiento matemático o en las que realizaba acciones al azar para responder una pregunta.
2. La actitud del niño al realizar las actividades para tratar de estimar cierto grado de motivación al realizarlas.
3. La cantidad de ayuda que se le proporcionaba a cada uno de los niños al jugar el videojuego o al realizar las diferentes actividades de la forma tradicional.
4. Detectar problemas de ejecución o interacción con el videojuego.

La codificación de los videos se realizó con ayuda de un software de registro de eventos para codificación de observaciones en vivo o de audio/video conocido como BORIS (Friard y Gamba, 2016). En este software se cargaron los esquemas de codificación y con la ayuda de 2 investigadores se realizó la codificación de los videos recolectados.

Tabla 6. Esquema de codificación DEVAN.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
COM	Completo actividad	Realizar una actividad dentro del juego con éxito
ERR	Fallo actividad	No realizó la actividad, no la completo
EXE	Problemas habilidad motriz	El usuario tiene problemas para interactuar correctamente y a tiempo con el sistema
SYS	Problema ejecución	El sistema no responde correctamente a las acciones del usuario
RAN	Acciones al azar	El usuario indica verbalmente o con sus acciones que está realizando acciones al azar
ACT	Acción incorrecta	La acción no corresponde a la correcta secuencia u omitió una acción de la secuencia
FRU	Frustración	Indica verbalmente que algo le disgustó, se muestra impaciente o enojado.
BOR	Aburrido	Indica verbalmente que está aburrido, suspira o bosteza
EM	Emocionado/alegre	Indica verbalmente que algo le gusto o hace comentario positivo, se ríe, canta brinca

Tabla 7. Codificación para eventos de pensamiento matemático.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
EPM	Evidencia de pensamiento matemático	Trata de contar, comparar o sumar para resolver el problema
RF	Reconoce figuras	Reconoce las figuras geométricas al escucharlas, dice su nombre al verlas
RN	Reconoce números	Reconoce las números al escucharlos, dice su nombre al verlos
PSV	Pregunta sobre videojuego	Realiza preguntas sobre números figuras o elementos del videojuego
ONT	Realizando actividad	El niño pasa al menos la mitad del tiempo mirando la pantalla o el papel
AY	Ayuda verbal	El niño recibe ayuda verbal

Todos los eventos registrados con esta técnica son subjetivos, es por ello que fueron observados por 3 investigadores y se llegó al nivel de acuerdo basado en el índice Kappa (Viera y Garrett, 2005) en la cual se obtuvieron los niveles de acuerdo relativos al observador 1 que se muestran en la **Tabla 8** para cada esquema de codificación.

Tabla 8. Niveles de acuerdo entre observadores.

NIVEL DE ACUERDO	DEVAN	PENSAMIENTO MATEMÁTICO
OBSERVADOR 2	0.41	0.79
OBSERVADOR 3	0.68	0.13

Los niveles de acuerdo se interpretan según como describe la **Figura 30**. Con el observador 2 se tiene un nivel de acuerdo *moderado* (0.41) en DEVAN y *substancial* (0.79) en el esquema de pensamiento matemático. Por su parte, el observador 3 llegó a un nivel de acuerdo *substancial* (0.68) en DEVAN y *ligero* (0.13) en el esquema de pensamiento matemático. El bajo nivel de acuerdo con el observador 3 estaba ligado a las ayudas ya que este observador consideró que muchas de las acciones de los niños eran realizadas por la ayuda que les proporcionaba el investigador.

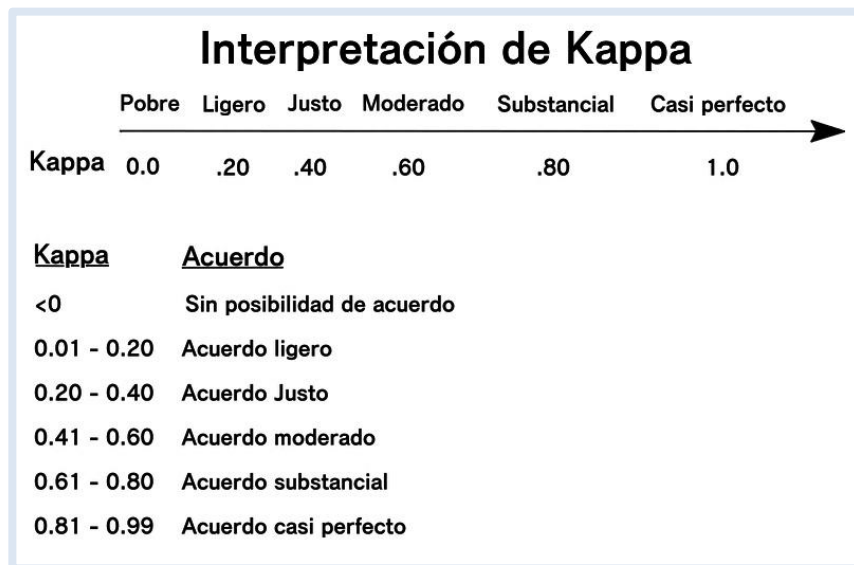


Figura 30. Interpretación de Kappa.

6.4 Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados de experiencia de juego con los datos recabados del instrumento Fun Toolkit, el análisis de las video grabaciones y se discute acerca de los resultados obtenidos. Un punto importante a considerar es que los niños tuvieron que realizar todas las actividades del videojuego en una sola sesión, teniendo que enfrentar una cierta curva de aprendizaje para cada una de ellas. Esto en realidad no es un escenario conveniente ya que en un escenario realista se desarrolla una sola actividad por sesión, en el videojuego se pueden configurar las actividades que serán realizadas e

idóneamente se realizarían una o dos actividades por sesión ya que los tiempos para este tipo de actividades es corto. Sin embargo, por razones de logística se evaluaron las 4 al mismo tiempo.

6.4.1 Resultados de la herramienta *Fun Toolkit*

La herramienta está dividida en 3 partes, smileyometer, again-again table y fun sorter. La percepción de los niños sobre sus expectativas de lo divertido que sería el juego y su percepción sobre lo divertido que fue jugarlo corresponden a sus respuestas al instrumento smileyometer antes y después de realizarlo, respectivamente. Para cuantificar los resultados, estos se reportan ponderando cada opción con valores enteros del 1 al 5, en donde el 1 corresponde a la imagen con la expresión más triste y 5 a la más feliz. En la **Figura 31** se muestran el número de respuestas correspondientes a cada una para cuando jugaron con el videojuego, mientras que en la **Figura 32** para cuando lo hicieron de manera tradicional.

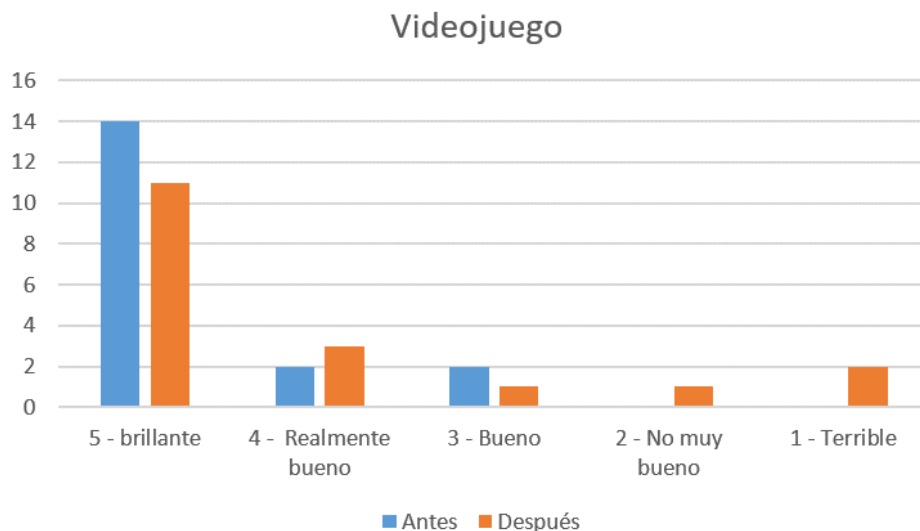


Figura 31. Resultados de Smileyometer antes y después para el videojuego.

En el caso del videojuego los 18 estudiantes expresaron una expectativa de diversión positiva hacia su uso, de los cuales 14 se encuentran en la respuesta más alta y tan solo dos en la tercera. Esta alta expectativa de los niños sobre lo divertido que sería jugarlo se debe muy probablemente al simple hecho de ser un videojuego. En la **Figura 31** también se puede observar que 3 de los niños mostraron tener una percepción desfavorable sobre lo divertido que fue jugarlo, mientras que de los 15 que expresaron una actitud positiva 11 se encuentran en la respuesta más alta y 3 en la segunda.

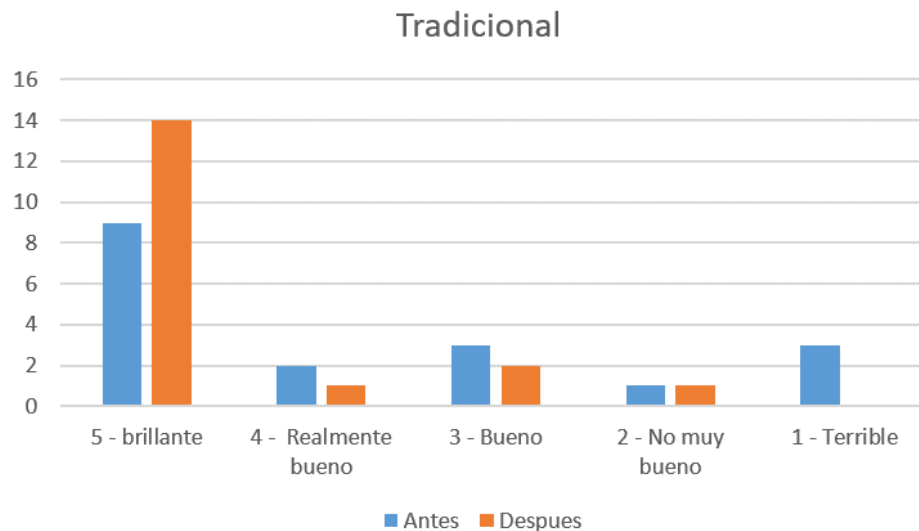


Figura 32. Resultados de Smileyometer antes y después para tradicional.

Por otra parte, las expectativas de los estudiantes de realizar las actividades sin utilizar el videojuego no son tan altas, e inclusive 4 de ellos tenían una expectativa negativa. Los resultados muestran que en este caso las actividades que se realizaron superaron las expectativas de los niños y tan solo uno expresó una percepción negativa sobre lo divertido de realizarla.

Los resultados obtenidos de la percepción de los niños sobre lo divertido del juego capturados con el smileyometer ya sea utilizando el videojuego o sin utilizarlo, dan evidencia de que las actividades educativas que se diseñaron en forma de juego resultaron ser divertidas para los niños. Por otra parte, a pesar de que al parecer el videojuego no llega a satisfacer sus altas expectativas, el hecho de que más del 83% de ellos hayan manifestado un grado positivo de diversión al desarrollar actividades educativas mientras juegan y además desarrollando actividades físicas resulta alentador para el desarrollo de exergames educativos.

La opinión de los estudiantes cuando se les preguntó si volverían a jugar cada uno de los juegos se recabaron con la herramienta *Again-again table* para cuando utilizaron el videojuego y para cuando no lo hicieron. De los resultados que se muestran en la **Tabla 9** se puede observar una gran aceptación por cada una de las actividades en ambas modalidades. En todos los casos, un mayor número de estudiantes manifestaron una preferencia por volver a jugar cada una de ellas utilizando el videojuego en donde las respuestas negativas son tan solo entre el 5.5% y el 16.6%, mientras que para el otro caso oscilan entre el 16.6% y el 22.2%. La actividad de cierre agradó bastante a los niños, esta actividad que era realmente corta tenía el objetivo de aumentar el interés de los niños por el videojuego.

Tabla 9. ¿Lo volverías a jugar? por actividad para el videojuego y tradicional.

	SECUENCIAS		COORDINACIÓN		PREGUNTAS		MAPA		CIERRE		
	Videojuego	Tradicional	Videojuego	Tradicional	Videojuego	Tradicional	Videojuego	Tradicional	Videojuego	Tradicional	
SI	13	12	15	10	16	13	13	13	18	N/A	
TAL VEZ	3	3	0	4	1	1	2	1	0	N/A	
NO	2	3	3	4	1	4	3	4	0	N/A	

Al final del experimento los niños respondieron sobre su experiencia general para las dos modalidades utilizando nuevamente el *again-again table*. Sus respuestas que se muestran en la **Tabla 10** son similares a las que dieron cuando se les preguntó actividad por actividad, en el sentido de que para ambas modalidades la gran mayoría (15 de 18) manifestó que volverían a jugar. Para el caso del videojuego tan solo uno de los niños manifestó una respuesta negativa, mientras que en el otro caso fueron tres estudiantes.

Tabla 10. ¿Lo volverías a jugar? para el videojuego y tradicional.

	VIDEOJUEGO	TRADICIONAL
SI	15	15
TAL VEZ	2	0
NO	1	3

Por último, se utilizó el instrumento *fun sorter*, para conocer el orden de preferencia de los niños en cuanto a las 4 actividades del juego con respecto a lo divertido y la facilidad de juego. A las respuestas se les asignó un valor numérico entero del 0 al 3 de acuerdo a las 4 respuestas de “Peor” a “Mejor”. Los resultados se organizaron en una tabla con los valores de la frecuencia correspondientes a los valores de la preferencia correspondiente. Los valores finales corresponden a los promedios ponderados de sus respuestas.

En la **Tabla 11** se muestran las respuestas de los estudiantes sobre su orden de preferencia con respecto a lo divertido de las actividades del juego para cuando utilizaron el videojuego y para la forma tradicional. Los valores finales altos muestran que actividad es percibida como la más divertida. En ambos casos los resultados son similares, y era de esperarse dado que las actividades eran equivalentes. En el caso del

videojuego se aprecia que preguntas fue la actividad que consideraron claramente más divertida seguida de mapa, las cuales tienen un modo de interacción muy similar que pudo haber favorecido la preferencia. Por su parte las actividades tradicionales muestran un interés bajo en las preguntas, y posicionan a las actividades de coordinación y mapa como las más divertidas. En ambos casos la actividad que se consideró menos divertida fue la de secuencias.

Tabla 11. Resultados de *fun sorter* respecto a diversión.

		SECUENCIAS	COORDINACIÓN	PREGUNTAS	MAPA
VIDEOJUEGO - DIVERTIDO					
MEJOR	3	3	3	7	5
	2	3	5	5	5
	1	4	4	6	4
PEOR	0	8	6	0	4
	PROMEDIO	4.75	5.75	9.25	7.25
TRADICIONAL - DIVERTIDO					
MEJOR	3	2	4	4	8
	2	5	8	4	1
	1	3	4	5	6
PEOR	0	8	2	5	3
	PROMEDIO	4.75	8	6.25	8

En la Tabla 12 se muestran los resultados del orden en que los estudiantes percibieron la facilidad de las 4 diferentes actividades. Se puede apreciar que en el caso del videojuego parece ser que la actividad “Secuencias” es la que les pareció más fácil de jugar, a pesar de que habían manifestado que esta era la menos divertida. Los resultados muestran que “Coordinación” no se encuentra muy alejado de la anterior en cuanto a la facilidad que percibieron en realizar esta actividad. Al comparar este resultado con la percepción de la diversión en donde quedó como la segunda menos divertida, parece que se confirma una correspondencia inversa entre diversión y facilidad.

Algo similar ocurre para el caso en que jugaron sin usar el videojuego, en donde la actividad “Secuencias” les pareció ligeramente más fácil que la actividad “Preguntas” las cuales se perciben como la menos divertida y segunda menos divertida.

Tabla 12. Resultados de *fun sorter* respecto a facilidad.

		SECUENCIAS	COORDINACIÓN	PREGUNTAS	MAPA
VIDEOJUEGO - FÁCIL					
MEJOR	3	6	5	3	4
	2	7	5	5	1
	1	0	4	9	5
PEOR	0	5	4	1	8
PROMEDIO		8	7.25	7	4.75
TRADICIONAL - FÁCIL					
MEJOR	3	8	1	5	4
	2	4	3	7	4
	1	3	7	3	5
PEOR	0	3	7	3	5
PROMEDIO		8.75	4	8	6.25

Los resultados de comparar la percepción de los niños sobre lo divertido y la facilidad de realizar las actividades utilizando el videojuego y de la forma tradicional se muestran en la **Tabla 13**. Dos terceras partes de los estudiantes manifestaron que la forma tradicional era más divertida que el videojuego, mientras que casi el 78% lo encontraron más difícil de jugar. Esta correlación inversa entre divertido y facilidad muestra que el diseño del juego debe de tener retos para los estudiantes. Estos resultados vuelven a sugerir una cierta relación entre las expectativas altas que tenían del videojuego comparadas con las de realizar el juego sin usar la tecnología.

Tabla 13. Resultados de *fun sorter* para actividades tradicionales vs videojuego.

	MÁS DIVERTIDO	MÁS FÁCIL DE JUGAR
TRADICIONAL	12	4
VIDEOJUEGO	6	14

El nivel de dificultad pudo jugar un papel importante en los resultados mostrados, ya que aparentemente las actividades más fáciles obtienen mejores calificaciones en cuanto a diversión. El videojuego cuenta con varios niveles de dificultad, sin embargo, dado que era la primera vez que los usuarios utilizaban el videojuego se utilizó una dificultad baja. Entonces, las maestras podrían a criterio aumentar el nivel de dificultad para ayudar a hacerlo así más divertido y de esta manera mantener el interés de los niños.

6.4.2 Resultados de la evaluación de los videos

Como se mencionó en la sección anterior, los esquemas de codificación utilizados buscaban medir 4 aspectos que están reflejados en los eventos encontrados al analizar los videos que se muestran en la Figura 33.

Existió cierta confusión entre los observadores en el esquema de codificación de pensamiento matemático y algunas de las categorías registradas en el esquema de codificación como RN (Reconoce Número), o RF (Reconoce Figura), eran muchas veces seleccionadas como EPM (Evidencia de Pensamiento Matemático). Por este motivo, para la observación todos estos eventos fueron contabilizados como si fuesen EPM.

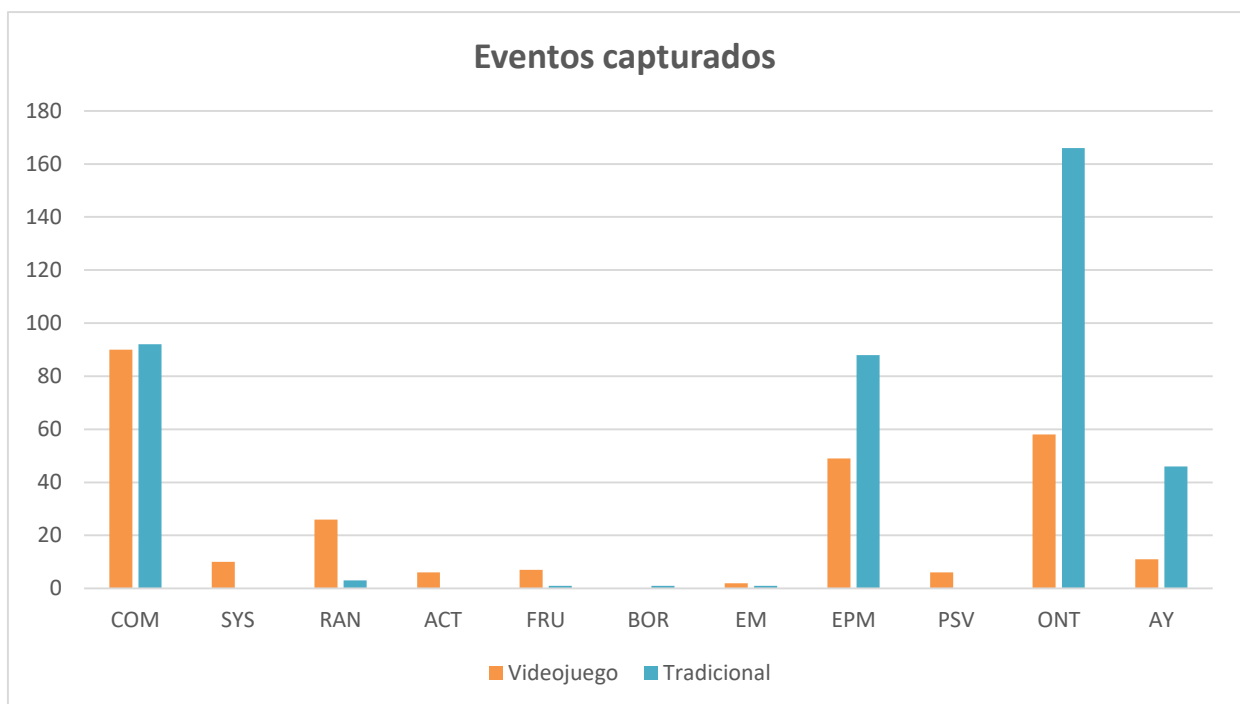


Figura 33. Resultado del análisis de los videos.

Como se muestra en la **Figura 33**, los eventos de pensamiento matemático (EPM) son mayores en las actividades tradicionales. Esto puede ser debido a 2 razones. Primero, es el hecho de que era más evidente contabilizar los eventos en que los niños contaban o intentaban realizar alguna acción utilizando su pensamiento matemático en las actividades tradicionales ya que contaban con una instrucción personalizada de un investigador que les solicitaba, por ejemplo, que contarán con sus dedos para resolver un problema. Y la segunda razón, podría ser que el videojuego no permite avanzar en caso de que exista algún error y aunque se proporciona retroalimentación, la ayuda proporcionada por los investigadores era mucho más rica que la del videojuego. Sin embargo, solo hay una maestra por salón y el escenario en el

que cada niño tendrá atención personal está un tanto fuera de la realidad en la que se plantea el uso de este videojuego.

La cantidad de ayuda proporcionada por los investigadores (AY **Figura 33**), fue considerablemente mayor en las actividades tradicionales a la ayuda del videojuego, la cual pudo ser la causa por la que los niveles de frustración y acciones al azar disminuyeran tan notablemente en estas actividades.

De los estados de ánimo mostrados en la **Figura 33** frustración (FRU), aburrimiento (BOR) y emoción (EM), el estado de ánimo que se registró con más frecuencia fue la frustración lo cual fue más evidente cuando utilizaron el videojuego, ya que no permite avanzar sin resolver un problema y aunque un investigador daba ayudas en estos casos en concreto, la personalización de las ayudas en las actividades tradicionales fue mayor. Se registró que cuando se realizaron las actividades sin usar el videojuego era más frecuente que los niños dejaran de poner atención a las actividades (ONT **Figura 33**) y cuando se utilizaba el videojuego el nivel de atención era más alto, aunque en esto intervino que al final de cada uno de los ejercicios tradicionales, los niños tenían un tiempo fuera de la tarea y en el caso del videojuego debían permanecer realizando la tarea hasta que se terminara el tiempo.

Los resultados además muestran que, la cantidad de actividades terminadas por los estudiantes (COM **Figura 33**) utilizando el videojuego es similar a las que terminaron cuando lo realizaron de la forma tradicional. Esto pudo haber sido causado por la pequeña curva de aprendizaje presentada en el videojuego ya que no existía en las actividades en papel. Se esperaba que la cantidad de tareas completadas fuera mayor con el videojuego porque este permite que se realicen acciones al azar (RAN **Figura 33**) y se esperaba que de esta forma se completara la actividad. También se esperaba que el número de acciones al azar registradas en el videojuego fueran mayores a las actividades tradicionales, como realmente se presentó. Sin embargo, el realizar acciones al azar no garantiza obtener respuestas correctas en el videojuego.

La cantidad de errores del sistema fue pequeña (SYS **Figura 33**) y el sistema parece robusto para su uso. Sin embargo, el videojuego permite a los usuarios realizar algunas acciones incorrectas (ACT **Figura 33**) debido a que mantener a los niños en la distancia adecuada del dispositivo es un tanto complicado, ya que tienden a avanzar hacia adelante provocando oclusión o se salen del rango de 'visión' de la cámara Kinect®.

Para terminar, el videojuego a pesar de aún tener un gran margen para mejoras, muestra algunas ventajas sobre los juegos tradicionales como el tiempo de atención en las tareas y la cantidad de ayuda requerida. Esto aunado a las ventajas que provee una tecnología utilizando NUIs, como lo son el tiempo de

preparación de las actividades, el control del tiempo en que se realizan las actividades, la reutilización de la actividad y actividades que mantienen a los niños activos.

6.5 Resumen

En este capítulo se presentaron los detalles del diseño, desarrollo y análisis de los datos recabados de la evaluación del videojuego serio “Aventuras en la Antártida”. Los resultados de esta evaluación reflejan que la experiencia de juego es aceptable, ya que se aprecia preferencia por el videojuego y las actividades son consideradas divertidas por los niños. Además, el videojuego mantiene en un mayor grado la atención de los niños, requiere menos participación por parte de las maestras y se trabaja un número de actividades similar al de las actividades tradicionales teniendo un tiempo controlado.

Capítulo 7. Conclusiones y trabajo futuro

Buscando cumplir con el objetivo general planteado en un inicio, se diseñó, implementó y evaluó un videojuego serio basado en movimiento para estimular el pensamiento matemático en niños de preescolar. Los resultados muestran evidencia de que el videojuego basado en movimiento apoya al desarrollo de pensamiento matemático, sin embargo, una evaluación más completa es necesaria para tratar de cuantificarlo. Además, se percibe un alto grado de aceptación de los niños al introducir este tipo de tecnologías en las aulas.

7.1 Conclusiones

La computación está ganando terreno en las actividades del día a día, un trabajo como el que se presentó en este documento ayuda a establecer desde una edad temprana la idea de que la tecnología no solo sirve como entretenimiento sino como una herramienta de aprendizaje. Si bien no se puede afirmar que “Aventuras en la Antártida” realmente es una herramienta de apoyo en la estimulación del pensamiento matemático, es una pauta a la realización de este tipo de proyectos donde se combina los movimientos del usuario con el aprendizaje, que en un futuro podrían formar parte del material didáctico que se utiliza en las aulas.

7.1.1 Aportaciones

La contribución de este trabajo consiste en el diseño e implementación del videojuego ‘Aventuras en la Antártida’. Este videojuego trata de aprovechar las ventajas que provee la actividad física y un videojuego serio al buscar apoyar la estimulación del pensamiento matemático a través de mini-juegos dentro de las aulas de preescolar.

En el transcurso del desarrollo del videojuego serio se generó una base de datos con entrevistas, audios y reportes de observación que documentan las técnicas, métodos y actividades que se llevan a cabo para el desarrollo del pensamiento matemático en niños de preescolar.

A partir de este trabajo se presentó un artículo en el Congreso Mexicano de la Interacción Humano-Computadora (MexIHC) 2016.

7.1.2 Limitaciones

El presente trabajo en su versión actual, presenta las siguientes limitaciones:

- La evaluación realizada que además de haberse realizado en un solo jardín de niños con una muestra de 18 niños de entre 4-6 años, no evaluaba de forma formal si ‘Aventuras en la Antártida’ realmente apoya la estimulación del pensamiento matemático, y ya que la muestra es pequeña los resultados no son generalizables.
- Las actividades no se probaron con distintos niveles de dificultad lo cual implicaría otros retos.
- El videojuego está orientado solo a las matemáticas, la inclusión de más actividades diseñadas para apoyar otros campos formativos podría ayudar a la adopción del videojuego en las aulas.

7.2 Trabajo futuro

En este trabajo de tesis se obtuvo una versión funcional de un videojuego serio ‘Aventuras en la Antártida’. Sin embargo, como parte del trabajo futuro se pueden explorar los siguientes aspectos:

- Realizar un estudio a largo plazo enfocado al desarrollo del pensamiento matemático utilizando ‘Aventuras en la Antártida’ y de esta forma que beneficios se obtienen en el pensamiento matemático.
- Dado que la actividad usada como recompensa fue muy bien recibida por los niños, se podría agregar una recompensa al final de cada actividad, y no solo al final del videojuego para incrementar el interés de los niños.
- Se podrían agregar más mini-juegos al videojuego relacionados con otros aspectos del desarrollo del Pensamiento Matemático en niños de Preescolar. Mismas que deben de emular otras actividades que se utilizan actualmente. la educación preescolar y de esta forma hacer de ‘Aventuras en la Antártida’ una herramienta más completa.
- Respecto al diseño del videojuego explorar la posibilidad de un modo colaborativo, y evaluar el aprendizaje de los niños con esta configuración.

• Literatura citada

- A. Evans, M. & J. Rick. 2014. Handbook of Research on Educational Communications and Technology. J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, et al. [eds.]. Springer New York, New York, NY. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-3185-5>.
- Ahn, J., G.J. Kim, H. Yeon, et al. 2013. Supporting augmented reality based children's play with pro-cam robot. *In Proceedings of the 12th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry - VRCAI '13*, 17–24. ACM Press, New York, New York, USA. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2534329.2534342>.
- Al-Washmi, R., M. Baines, S. Organ, et al. 2014. Mathematics problem solving through collaboration: Game design and adventure. *In Proceedings of the European Conference on Games-based Learning*, 1–9. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84923531242&partnerID=40&md5=a600d9d9c415b487f60c4149c1ba7c52>.
- Alexandre, I.M., D. Jardim, & P.F. Lopes. 2010. Maths4Kids – Telling Stories with Maths. *Proceedings of the Intelligent Narrative Technologies III Workshop*, 1–6. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://dx.doi.org/10.1145/1822309.1822313>.
- Alzahrani, F. 2013. Evaluation of videogames for mathematics education with young children. *2013 International Conference on Computer Applications Technology (ICCAT)*, 1–4. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6521996>.
- Bachour, K., F. Kaplan, & P. Dillenbourg. 2010. An Interactive Table for Supporting Participation Balance in Face-to-Face Collaborative Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies* 3, 203–213. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://ieeexplore.ieee.org/document/5518762/>.
- Bakeman, R. & J.M. Gottman. 1997. Observing interaction. Cambridge University Press, Cambridge. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9780511527685>.
- Bakker, S., D. Vorstenbosch, E. van den Hoven, et al. 2007. Tangible interaction in tabletop games. *Proceedings of the international conference on Advances in computer entertainment technology - ACE '07*, 163. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1255047.1255081>.
- Barendregt, W. 2006. Evaluating fun and usability in computer games with children. Technische Universiteit Eindhoven. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://alexandria.tue.nl/extra2/200513731.pdf>.
- Bérard, F. 2003. The magic table: Computer-vision based augmentation of a whiteboard for creative meetings. *IEEE workshop on Projector-Camera Systems*. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://nguyendangbinh.org/Proceedings/ICCV/2003/procams03/berard.pdf>.
- Beyer, H. & K. Holtzblatt. 1998. Contextual design: Defining customer-centered systems. Morgan Kaufmann Publishers Inc. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://books.google.com/books?id=sVKuMvaFzjQC>.

- Cantú Vera, H. 2015. Videojuego serio sobre una superficie interactiva para fomentar la pre-lectoescritura en niños de la primera infancia dentro del aula. Tesis de Maestría en ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C.
- Cibrian, L.F. 2014. Videojuegos en pisos interactivos para promover ejercicio colaborativo. Tesis de Maestría en ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Collins, K., K. Kanev, & B. Kapralos. 2010. Using games as a method of evaluation of usability and user experience in human-computer interaction design. , 5–10. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1994486.1994492>.
- Connolly, T.M., E. a. Boyle, E. MacArthur, et al. 2012. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education* 59, 661–686. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.004>.
- Dey, T. 2011. A Comparative Analysis on Modeling and Implementing with MVC Architecture. , 44–49. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.472.1591&rep=rep1&type=pdf>.
- Dillenbourg, P. & M. Evans. 2011. Interactive tabletops in education. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 6, 491–514.
- Fernández-Oliveras, A. & M.L. Oliveras. 2014. Pre-service Kindergarten Teachers' Conceptions of Play, Science, Mathematics, and Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 152, 856–861. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042814054019>.
- Friard, O. & M. Gamba. 2016. BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods in Ecology and Evolution*. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/2041-210X.12584/abstract>.
- Friese, S. 2011. ATLAS . ti 6 User Guide and Reference. *Network*, 444. Consultado el 17 de febrero de 2017, de http://atlasti.com/wp-content/uploads/2014/05/atlasti_v6_manual.pdf.
- Giannakos, M., K. Chorianopoulos, & L. Jaccheri. 2012. Math is not only for science geeks: Design and assessment of a storytelling serious video game. *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICAIT 2012*, 418–419.
- Henderson, P.B., L. Hitchner, S.J. Fritz, et al. 2002. Materials development in support of mathematical thinking. *In Working group reports from ITiCSE on Innovation and technology in computer science education - ITiCSE-WGR '02*, 185–190. ACM Press, New York, New York, USA. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=960568.783001>.
- Holtzblatt, K., J.B. Wendell, & S. Wood. 2005. Rapid Contextual Design: A How-to Guide to Key Techniques for User-Centered Design. Elsevier/Morgan Kaufmann. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123540515>.
- Howison, M., D. Trninic, D. Reinholz, et al. 2011. The Mathematical Imagery Trainer : From Embodied Interaction to Conceptual Learning. *Education*, 1989–1998. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1979230>.

- Karat, J. & J. Vanderdonckt. 2010. Tabletops - Horizontal Interactive Displays. C. Müller-Tomfelde [ed.], Springer London, London. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-1-84996-113-4>.
- Karime, A., B. Hafidh, A. Khaldi, et al. 2012. MeMaPads: Enhancing children's well-being through a physically interactive memory and math games. *2012 IEEE I2MTC - International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Proceedings*, 2563–2566.
- Khandelwal, M. & A. Mazalek. 2007. Teaching table: a tangible mentor for pre-k math education. *1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'07)*, 191–194. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1226969.1227009>.
- Kiili, K. & A. Perttula. 2013. A Design Framework for Educational Exergames. In S. de Freitas, M. Ott, M. M. Popescu, et al. [eds.], *New Pedagogical Approaches in Game Enhanced Learning*, 136–158. IGI Global. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-4666-3950-8.ch008>.
- Klopfer, E. & S. Osterweil. 2013. The Boom and Bust and Boom of Educational Games. *Transactions on Edutainment IX* In 290–296. Consultado el 17 de febrero de 2017, de http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-37042-7_21.
- Koike, H., Y. Matoba, & Y. Takahashi. 2013. AquaTop display. In *Proceedings of the 2013 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces - ITS '13*, 155–164. ACM Press, New York, New York, USA. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2512349.2512815>.
- López-Arcos, J.R., N. Padilla-Zea, P. Paderewski, et al. 2014. Designing Stories for Educational Video Games: A Player-Centered Approach. , 33:33-33:40. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://doi.acm.org/10.1145/2643604.2643611>.
- Lucht, M. & S. Heidig. 2013. Applying HOPSCOTCH as an exer-learning game in English lessons: Two exploratory studies. *Educational Technology Research and Development* 61, 767–792.
- Preece, J., H. Sharp, & Y. Rogers. 2015. *Interaction design: Beyond human-computer Interaction*. (4th ed.). Wiley. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-EHEP003334.html>.
- Pykhtina, O., M. Balaam, G. Wood, et al. 2012. Magic Land : T he D esign and E valuation of an I nteractive T abletop S upporting T herapeutic P lay with C hildren. , 136–145.
- Ramos, G., A. Schleicher, G. Montt, et al. 2012. MÉXICO –Nota País–Resultados de PISA 2012. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-mexico-ESP.pdf>.
- Rauterberg, M., M. Fjeld, H. Krueger, et al. 1998. BUILD-IT: a planning tool for construction and design. *CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems*, 177–178. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=286498.286657>.

- Saavedra, A.B., F.J.Á. Rodríguez, J.M. Arteaga, et al. 2014. A serious game development process using competency approach. *In Proceedings of the XV International Conference on Human Computer Interaction - Interacción '14*, 1–9. ACM Press, New York, New York, USA. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2662253.2662352>.
- Scharf, F., S. Günther, T. Winkler, et al. 2010. SpellLit: Development of a multi-touch application to foster literacy skills at elementary schools. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 1–6.
- SEP, S. de E.P. 2013. Programa de Estudios 2011. Guía para la Educadora. Consultado el 17 de febrero de 2017, de [http://www.curriculobasica.sep.gov.mx/pdf/preescolar/programa/preescolar 2011.pdf](http://www.curriculobasica.sep.gov.mx/pdf/preescolar/programa/preescolar%202011.pdf).
- Sim, G. & M. Horton. 2012. Investigating children's opinions of games. *In Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '12*, 70. ACM Press, New York, New York, USA. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2307096.2307105>.
- Sumpter, L., M. Hedefalk, A. Sumptera, et al. 2015. Preschool children's collective mathematical reasoning during free outdoor play. *The Journal of Mathematical Behavior* 39, 1–10. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0732312315000255>.
- Thompson, D., T. Baranowski, R. Buday, et al. 2010. Serious Video Games for Health: How Behavioral Science Guided the Development of a Serious Video Game. *Simulation & Gaming* 41, 587–606.
- Viera, A.J. & J.M. Garrett. 2005. Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Family medicine* 37, 360–3. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15883903>.
- Villacis, C., W. Fuertes, A. Bustamante, et al. 2014. Multi-player Educational Video Game over Cloud to Stimulate Logical Reasoning of Children. *2014 IEEE/ACM 18th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications*, 129–137. Consultado el 17 de febrero de 2017, de <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6957185>.
- Yurt, Ö. & N. Cevher-Kalburan. 2011. Early childhood teachers' thoughts and practices about the use of computers in early childhood education. *Procedia Computer Science* 3, 1562–1570.

Anexos

Apéndice 1

Protocolo de entrevista para educadoras

Pregunta de investigación

¿Cuáles son las actividades que realizan en el aula los niños de preescolar para desarrollar el pensamiento matemático?

Introducción

Soy un estudiante de maestría de CICESE, y estoy investigando acerca de las tareas básicas para desarrollar el pensamiento matemático en los niños entre 4-6 años, con el fin de desarrollar un juego que apoye la enseñanza del pensamiento matemático, no se busca realizar alguna crítica a su trabajo o sus métodos ni evaluarlo a usted de alguna forma. Esta entrevista durará alrededor de 30 minutos. Si alguna pregunta le incomoda puede decidir no contestarla. Esta entrevista será grabada con el fin de realizar una transcripción.

Datos demográficos

- ¿Cuál es su nombre?
- ¿Cuánto tiempo tiene trabajando como educadora?
- ¿A qué grados ha impartido clases?

Pensamiento matemático y sus actividades

- ¿En general que actividades se realizan para estimular el pensamiento matemático?
- ¿Sigue algún patrón o estrategia en las sesiones de pensamiento matemático?

Caso si:

- ¿Cuál es? Trate de describirlo por favor
- ¿Todas sus clases siguen ese criterio?
- ¿En pensamiento matemático existen temas que requieran que sepa alguno anterior?

Caso si:

- ¿Cuál es el orden que se sigue?
- ¿Qué conceptos requieren de otro?
- ¿Qué conceptos no requieren de otros?

Caso no:

- ¿Qué conceptos relacionados con matemáticas imparte en el aula?
- ¿Con que frecuencia se realizan actividades de pensamiento matemático?
- ¿Cómo cuánto tiempo duran estas actividades?

Clases y actividades

- ¿Podría describir algunas de las actividades referentes al pensamiento matemático que realice? Al menos 2 pero de preferencia una de cada una (num, esp, forma, medida)

Caso si:

- ¿Cuál es el aspecto que se estimula con cada actividad (número, forma, espacio, medida)?
- ¿Cómo reconoce a que aspecto pertenece cada actividad?
- ¿Cuál de los aspectos mencionados se realiza con más frecuencia?
- ¿Por qué?
- ¿Conoce alguna otra actividad interesante que le gustaría implementar y no ha podido aún?

Caso si:

- ¿Podría describirla?
- ¿Qué beneficios obtiene de esta actividad?
- ¿Por qué no se implementa actualmente?

- ¿Qué aspecto es importante fomentar en los niños durante las sesiones de pensamiento matemático (como colaboración, por ejemplo)? ¿por qué?

Incentivos y materiales

- ¿Utiliza algún tipo de material para la realización de las actividades de pensamiento matemático?

Caso si:

- ¿Cuál es este material?
- ¿Qué características tiene el material utiliza?
- ¿Qué ventajas o desventajas tiene el uso del material?
- ¿Con qué frecuencia utiliza este material?

- ¿Conoce algún tipo de material interesante que le gustaría utilizar y no ha tenido acceso por alguna razón?

Caso si:

- ¿Qué características tiene este material?
- ¿Por qué no lo utiliza actualmente?
- ¿Utiliza algún tipo de incentivo durante las sesiones de pensamiento matemático?

Caso si:

- ¿Qué tipo de incentivos utiliza?
- ¿Por qué utiliza estos incentivos?
- ¿Con qué frecuencia utiliza estos incentivos?

Caso no:

- ¿Alguna vez ha trabajado ofreciendo algún tipo de incentivo?
- ¿Hay alguna razón por la que podría no ser recomendable el uso de incentivos?

Uso de tecnología

- ¿Utiliza algún tipo de tecnología como apoyo a sus clases?
- ¿Utiliza algún tipo de herramienta tecnológica, para realizar las sesiones de pensamiento matemático?

Caso si:

- ¿Cuáles son las herramientas utiliza en las sesiones de pensamiento matemático?
- ¿Los niños utilizan esta herramienta de alguna forma?
- ¿Qué beneficios y/o dificultades tiene del uso de estas herramientas?
- ¿Qué estrategias sigue en caso de tener alguna dificultad?

Caso no:

- ¿Hay alguna razón por la que no se utilicen herramientas tecnológicas en sus clases?
- ¿Hay alguna herramienta que le gustaría utilizar?
- ¿Cuál es su experiencia con videojuegos?
- ¿Qué opina del uso de videojuegos educativos en el aula?
- ¿Cómo cree que el uso de tecnología influye en los niños?

Actividad física

- ¿Realiza alguna actividad física con los niños para estimular el pensamiento matemático?

Caso si:

- ¿En que consisten estas actividades?
- ¿Se tiene algún tipo de dificultad al realizar estas actividades?

Caso si:

- ¿Qué tipo de dificultades?
- ¿Qué estrategias siguen para apoyarlos?
- ¿Con qué frecuencia realizan actividad física?
- ¿Cuánto tiempo duran realizando actividad física?
- ¿Si pudiera implementar una tecnología en el aula (independientemente de costos, espacios) cuál sería?

Cierre

- ¿Algo más que desee agregar?
- En caso de surgir alguna duda con respecto a la información ¿Podríamos contactarnos nuevamente?

Apéndice 2

Actividades tradicionales

A continuación, se muestran las actividades tradicionales que se utilizaron durante la evaluación del videojuego:

Completa la secuencia:
Agrega los puntos que faltan



Completa la secuencia:
Agrega los puntos que faltan



Círculo ●
con su

mano izquierda

Encierra con un círculo todos los pingüinos que sostienen una

Figura ■ ▲ ●

con su

mano izquierda

Encierra con un círculo todos los pingüinos que sostienen un

Triángulo ▲

con su

mano derecha

mano izquierda

Encierra con un círculo todos los pingüinos que sostienen un

Cuadrado ■

con su

mano derecha

Encierra con un círculo todos los pingüinos que sostienen un

Triángulo ▲

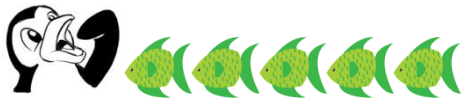
con su

mano derecha

¿Cuánto es 1+3?

- 3 4 2

¿Cuántos peces comerá el pingüino?



- 4 1 5

¿Cuánto es 2+1?

- 2 3 1

Selecciona la respuesta correcta

1 → ___ → 3

- 1 5 2

¿Cuántos peces comerá el pingüino?

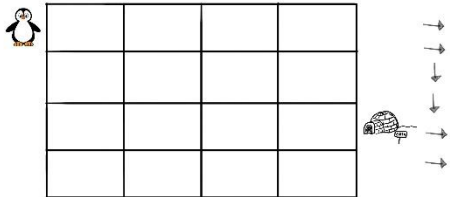


- 5 4 3

¿Cuánto es 4+1?

- 5 3 2

Ayuda al pingüino a llegar a su casa



Ayuda al pingüino a llegar a su casa

