

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



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

**Videojuegos serios basados en movimiento en apoyo a niños
con autismo con problemas de motricidad**

Tesis

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

Presenta:

Karina Caro Corrales

Ensenada, Baja California, México
2016

Tesis defendida por

Karina Caro Corrales

y aprobada por el siguiente Comité

Dra. Ana Isabel Martínez García
Co-director de tesis

Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa
Co-director de tesis

Dr. Jesús Favela Vara

Dr. José Antonio García Macías

Dra. Marina Alvelais Alarcón

Dr. Guillermo Licea Sandoval



Dr. Jesús Favela Vara
Coordinador del Posgrado en Ciencias de
la Computación

Dra. Rufina Hernández Martínez
Directora de Estudios de Posgrado

Karina Caro Corrales © 2016

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

Resumen de la tesis que presenta **Karina Caro Corrales** como requisito parcial para la obtención del grado de Doctor en Ciencias en Ciencias de la Computación.

Videojuegos serios basados en movimiento en apoyo a niños con autismo con problemas de motricidad

Resumen aprobado por:

Dra. Ana Isabel Martínez García
Co-Director de Tesis

Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa
Co-Director de Tesis

Aproximadamente el 80% de los niños con el diagnóstico de autismo presentan problemas en las habilidades de integración visual-motriz. La integración visual-motriz se define como el grado en el que la percepción visual y los movimientos del cuerpo (i.e., movimiento de brazos y piernas) están bien coordinados. Los problemas de integración visual-motriz minimizan el deseo de los niños con autismo de practicar deportes y limitan sus posibilidades para integrarse en la sociedad y ser totalmente independientes. En la actualidad, existen videojuegos serios basados en movimiento dirigidos a persuadir a los niños con autismo a practicar habilidades motrices. Sin embargo, no se ha explorado cómo los videojuegos serios basados en movimiento pueden apoyar la integración visual-motriz de esta población. En este trabajo de investigación se describe el diseño, implementación y evaluación de un videojuego serio basado en movimiento en apoyo a la integración visual-motriz de los niños con autismo llamado FroggyBobby. El videojuego se diseñó siguiendo una metodología centrada en el usuario. Para utilizar FroggyBobby, los niños con autismo mueven sus brazos para realizar diferentes ejercicios de integración visual-motriz mientras controlan la lengua de una rana virtual que debe atrapar moscas. FroggyBobby se evaluó de manera formativa con siete niños con autismo de baja funcionalidad. Los resultados de la evaluación formativa sugieren que el videojuego permite a los niños con autismo de baja funcionalidad practicar ejercicios de integración visual-motriz y mantener su atención durante las terapias motrices. Posteriormente, se llevó a cabo una evaluación sumativa de FroggyBobby con catorce niños con autismo de baja a media funcionalidad. Los niños participantes realizaron ejercicios de integración visual-motriz con FroggyBobby y con la terapia tradicional. Los resultados indican que los niños participantes mejoraron sus habilidades de integración visual-motriz al practicar los ejercicios con FroggyBobby. Además, el uso de FroggyBobby incrementó el porcentaje de movimientos dirigidos en comparación de la terapia tradicional. Los resultados muestran que FroggyBobby diseñado en torno a las características específicas de la población de autismo, apoyan las habilidades de coordinación y de integración visual-motriz de los niños con autismo.

Palabras clave: Videojuegos basados en movimiento, integración visual-motriz, autismo.

Abstract of the thesis presented by **Karina Caro Corrales** as a partial requirement to obtain the Doctor of Science degree in Computer Science.

Exergames to support children with autism with motor problems

Abstract approved by:

Dra. Ana Isabel Martínez García
Thesis Co-Director

Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa
Thesis Co-Director

About 80% of children with autism have deficits in visual-motor integration skills. Visual-motor integration is defined as the degree to which visual perception and body movements, including the movements of arms and legs, are well coordinated. The deficits in visual-motor integration could minimize children with autism's opportunities to participate in team sports and limit their ability to integrate into society and to be independent. Nowadays, there are exergames that are being designed to persuade children with autism to practice motor skills. However, it has not been explored how exergames can support the visual-motor integration skills development for this population. In this work, we describe the design, implementation and evaluation of an exergame to support visual-motor integration of children with autism —FroggyBobby. The exergame was designed following a user-centered design methodology. To play with FroggyBobby, children with autism move their arms practicing different visual-motor integration exercises to catch flies by controlling the tongue of a virtual frog. We conducted a formative evaluation of the use of FroggyBobby with seven children with severe autism. The results of the formative evaluation suggest that the use of FroggyBobby enables children with severe autism to practice visual-motor integration exercises and maintains their attention during motor therapies. Then, we conducted a summative evaluation of FroggyBobby with fourteen children with moderate to severe autism. The summative evaluation consisted in the execution of the visual-motor integration exercises in two conditions; traditional therapy and using FroggyBobby. The results indicate that children improved their visual-motor integration skills by practicing the motor exercises promoted by FroggyBobby. In addition, children performed a higher percentage of aimed limb movements using FroggyBobby than during the traditional therapy. The results of this work show that the exergame designed according to the specific characteristics of the autism population supports visual-motor integration skills of children with autism.

Keywords: Exergames, visual-motor integration, autism.

Dedicatoria

*A Dios,
mi mejor maestro.*

*A mi esposo,
mi mayor bendición.*

*A mi padre,
mi gran orgullo.*

*A mi madre,
mi ángel guardián.*

*A los niños con autismo,
padres de familia y terapeutas.*

“Si las demás personas pudieran experimentar durante tan solo unos minutos lo que es el autismo, podrían saber cómo ayudar”. Therese Joliffe, 1992.

Agradecimientos

A *Héctor*. Gracias por tu inmenso amor, por inspirarme a superarme constantemente y por compartir conmigo esta aventura maravillosa llamada vida. Este logro es de los dos, amor. Gracias por ser el complemento que llena mi vida de amor, paciencia y fortaleza. Gracias por animarme a enfrentar los problemas y vencerlos, por estar allí para apoyarme y por creer en mí, aún en esas veces que yo misma dudé de mí.

A mi padre, *José Caro*. Gracias por ese ejemplo de vida que me da día a día, por creer en mí y por darme siempre las alas para volar.

A mi familia, que me ha apoyado siempre a pesar de la distancia. A mis hermanos *Elizabeth, Magaby y Julio César*. A mis suegros, *Cecilia y Héctor*, que han sido como unos padres para mí. A *Nayeli*, que más que mi prima, ha sido siempre como una hermana.

A mis directoras de tesis, *Dra. Ana Isabel Martínez y Dra. Mónica Tentori*. Gracias por su guía y apoyo durante este trabajo de investigación. A los miembros de mi comité de tesis, *Dr. Jesús Favela, Dr. José Antonio García Macías, Dra. Marina Alvelais, Dr. Guillermo Licea*. Gracias por sus valiosos comentarios que contribuyeron a mejorar este trabajo, así como por su tiempo para la revisión del mismo.

A la *Dra. Ana Isabel Martínez*. Gracias por todo su apoyo, por su paciencia, su tolerancia y su confianza. Gracias también por sus acertados consejos, por inyectarme esa fortaleza cuando más lo necesité y por ser un gran ejemplo a seguir.

A la *Dra. Marina Alvelais*. Gracias por todo su apoyo durante mi proceso doctoral, tanto personal como académico. Gracias por su tiempo y por todas sus aportaciones para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Gracias a todas las personas que contribuyeron al desarrollo de este trabajo. A las diseñadoras gráficas *Denisse Soto y Renee Valderrama*. A *Iván Zavala* por su apoyo en la implementación del videojuego. A *Javier Samaniego* por su apoyo en el análisis de los videos de la evaluación formativa. A *Jorge Soria*, por su apoyo en la instalación de software y hardware necesario para llevar a cabo esta investigación. A *Héctor Zatarain y Gabriel Mejía*, por su apoyo en el análisis estadístico de los resultados de los estudios de evaluación. A *Viridiana Emigdio, Jorge Apodaca, Alejandro Guzmán, Nayrobi Guevara, Angélica Saga, Guillermina Martínez y Zayra Romo* por su apoyo en el análisis de los videos de la evaluación sumativa.

A todos los especialistas clínicos del *Centro de Rehabilitación Integral de Ensenada*, del *Instituto Nacional de Rehabilitación* de la ciudad de México, de *Pasitos A.C* en Tijuana y de *CANAM* en Mexicali. Gracias por contribuir con su tiempo y experiencia para enriquecer el presente trabajo de investigación.

A todos los niños con autismo, psicoterapeutas y padres de familia que participaron en los estudios de evaluación. Gracias por su valioso tiempo y disposición, por hacer posible que este trabajo de investigación pudiera llevarse a cabo.

A la *Psic. Liliana Plumeda*. Gracias por todo su apoyo y disposición para participar en este trabajo de investigación. Gracias por sus valiosos comentarios que enriquecieron y fortalecieron esta investigación.

A mis amigos, esos hermanos que nos regala la vida, gracias por su ayuda académica y emocional, por aguantarme, escucharme y sacarme sonrisas a pesar de las adversidades. Sin ustedes, este logro no hubiera sido posible. A *Jessica Beltrán*, por ser mi hermana, mi cómplice, mi complemento locochón, pero sobre todo por ser mi amiga sobre todas las cosas. A *Valeria Soto*, por escucharme, aguantarme y hablarme siempre con la verdad, por más cruda o feliz que fuera. A *Catalina Ibarra*, por su empatía, por escucharme siempre y darme esas palabras de aliento cuando más las necesité. A *Gabriel Mejía*, gracias por todo tu apoyo, por ser mi hermano, por tus consejos y palabras de ánimo, gracias por creer en mí. A mi psicólogo personal, *Daniel Beltrán*, gracias por tu amistad, por todas tus enseñanzas y consejos, por demostrarme que la verdadera amistad existe. A *Gaby Verdugo*, gracias por tu apoyo incondicional a pesar de la distancia. A *Victoria Campaña*, gracias por tu valiosa amistad, por tus consejos, y por estar siempre ahí cuando más lo necesito. A *Nacho* y *Carmen*, mis compadres de la vida, gracias por su tiempo, por aquellas pláticas de horas, por compartir conmigo esas ganas de querer construir un mundo mejor, gracias. A *Eduardo Quintana* y *Gerardo Altamirano*, gracias por su amistad, por soportar mis quejas y motivarme siempre a continuar. A *Karla Arce* y *Rodrigo Zalapa*, gracias por su amistad, por alentarme siempre a continuar por más difícil que pareciera el camino por recorrer. A *Margoth Córdova*, gracias por todas nuestras pláticas, por alentarme y contagiarme con ese amor por la vida que te caracteriza, gracias. A *Abi Roper*, por su apoyo y amistad a pesar de la distancia. A *Lourdes Morales*, por escucharme, apoyarme y ayudarme hacer la carga menos pesada en esos días difíciles. Gracias a todos los que de alguna manera hicieron posible que culminara esta etapa de mi vida. Dios los bendiga.

A los investigadores y personal del Departamento de Ciencias de la Computación. Gracias por contribuir en mi formación.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por apoyarme económicamente para realizar mis estudios doctorales.

Tabla de contenido

	Página
Resumen en español	ii
Resumen en inglés	iii
Dedicatorias	iv
Agradecimientos	v
Lista de figuras	x
Lista de tablas	xiv
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.1.1. Integración visual-motriz	1
1.1.2. Intervenciones terapéuticas para la integración visual-motriz gruesa	2
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.2.1. Preguntas de investigación	5
1.2.2. Objetivos	5
1.3. Metodología	6
1.3.1. Diseño centrado en el usuario [PI1, PI2].....	7
1.3.2. Evaluación formativa [PI3]	8
1.3.3. Evaluación sumativa [PI4].....	8
1.4. Estructura de la tesis.....	9
Capítulo 2. Videojuegos basados en movimiento	10
2.1. Videojuegos basados en movimiento para promover la práctica de habilidades motrices	10
2.1.1. Persuasión de la ejecución de habilidades motrices.....	11
2.1.2. Rehabilitación de habilidades motrices	17
2.2. Resumen del trabajo previo.....	24
Capítulo 3. Diseño centrado en el usuario	26
3.1. Iteración I – Estudio contextual	29
3.1.1. Colección de datos.....	30
3.1.2. Análisis de datos	32
3.1.3. Resultados	34
3.2. Iteración II – Definición de los ejercicios de integración visual-motriz	42
3.2.1. Colección de datos.....	43
3.2.2. Resultados	43
3.3. Iteración III – Especificación del diseño con expertos clínicos y especialistas en autismo	46
3.3.1. Colección de datos.....	46
3.3.2. Resultados	48
3.4. Resumen	53
Capítulo 4. FroggyBobby3.0: características e implementación	54
4.1. Mecánica y características de FroggyBobby3.0	54
4.2.2. Niveles	57

4.2.3. Animaciones y estímulos	58
4.2.5. Escenario de uso de FroggyBobby3.0	59
4.3. Implementación de FroggyBobby3.0	60
4.3.1. Arquitectura física	60
4.3.2. Configuración física.....	61
4.3.3. Arquitectura lógica	62
4.3.4. Estructura dinámica	64
4.4. Resumen	67
Capítulo 5. Evaluación formativa	69
5.1. Objetivos	69
5.2. Diseño de la evaluación	70
5.2.1. Participantes	70
5.2.2. Instalación de FroggyBobby3.0.....	70
5.2.3. Procedimiento	71
5.3. Desarrollo de la evaluación	71
5.4. Análisis de los datos.....	73
5.4.1. Estimación de uso y adopción.....	73
5.4.2. Tipificación de comportamientos	74
5.5. Resultados	77
5.5.1. Uso y adopción	77
5.5.2. Atención	78
5.5.3. Práctica de los ejercicios y rendimiento motor	81
5.6. Consideraciones de diseño para la mejora de FroggyBobby3.0	85
5.6.1. Patrones de movimiento	85
5.6.2. Aspectos de lateralidad.....	85
5.6.3. Instrucciones y reforzamientos verbales	86
5.7. Resumen	86
Capítulo 6. Evaluación sumativa.....	88
6.1. Rediseño del prototipo: FroggyBobby4.0	88
6.2. Objetivos	89
6.3. Diseño de la evaluación	90
6.3.1. Participantes	90
6.3.2. Instalación de FroggyBobby4.0.....	91
6.3.3. Diseño experimental y procedimiento	92
6.4. Desarrollo de la evaluación	95
6.5. Análisis de los datos.....	97
6.5.1. Coordinación motriz	97
6.5.2. Integración visual-motriz	99
6.5.3. Rendimiento motor.....	101
6.6. Resultados	103
6.6.1. Coordinación motriz	103
6.6.2. Integración visual-motriz	110
6.6.3. Integración visual-motriz gruesa	115
6.6.4. Rendimiento motor.....	119
6.7. Resumen.....	131

Capítulo 7. Conclusiones, aportaciones y trabajo a futuro	133
7.1. Conclusiones.....	133
7.2. Aportaciones	137
7.3. Limitaciones	139
7.4. Trabajo a futuro	140
 Literatura citada	 144
 Apéndices	 154
Apéndice 1	154
Apéndice 2	157
Apéndice 3	160
Apéndice 4	168

Lista de figuras

Figura	Página
1	Metodología de la investigación. 7
2	Videojuego basado en movimiento <i>GrabApple</i> (Gao & Mandryk, 2012). 12
3	Interfaz de usuario de <i>Bug attack</i> (Koivisto et al., 2011). 13
4	Uno de los mini-juegos de Liberi: tres jugadores compitiendo en una carrera de lagartijas (Hernandez et al., 2014). 15
5	Niño jugando <i>Astrojumper</i> (S. L. Finkelstein et al., 2010). 16
6	Videojuego basado en movimiento de (Bhattacharya, Gelsomini, Pérez-Fuster, Abowd, & Rozga, 2015). 17
7	Videojuego <i>Collecting Eggs</i> (Geurts et al., 2011). 19
8	Sistema MoCap y juego <i>Temple of Magupta</i> (Schönauer et al., 2011). 20
9	Jugador utilizando el videojuego <i>Arrow Attack</i> (Burke et al., 2009). 21
10	Investigación de (Hernandez et al., 2012). 22
11	Videojuego <i>Uni_Paca_Girl</i> (Altanis et al., 2013). 23
12	Ejemplo de la plantilla utilizada para guiar la observación. 31
13	Ejemplo de codificación. 33
14	Ejemplo del esquema de codificación para el análisis de la sesión de videojuegos. 34
15	Resultado del diagrama de afinidad. 35
16	Pantallas de FroggyBobby1.0. 41
17	Una de las sesiones participativas de diseño en Pasitos 48
18	Primer nivel de FroggyBobby3.0 54
19	Pantalla para ilustrar cómo crear un nuevo jugador en FroggyBobby3.0 55
20	Diagrama de flujo de FroggyBobby3.0. 56
21	Metodología para el diseño e implementación de FroggyBobby3.0. 60

22	Diagrama de emplazamiento de FroggyBobby3.0, mostrando los componentes de software y la instalación de hardware del sistema.....	61
23	Arquitectura lógica de FroggyBobby3.0.....	62
24	Diagrama de clases de la capa lógica de FroggyBobby3.0.....	64
25	Diagrama de secuencia del caso de uso jugar nivel (Parte 1).....	66
26	Diagrama de secuencia del caso de uso jugar nivel (Parte 2: continuación)....	67
27	Instalación de hardware para la evaluación de FroggyBobby3.0..	71
28	Uno de los participantes durante una sesión de juego con FroggyBobby3.0. ..	72
29	Ejemplo de la plantilla en Excel, utilizada para el análisis secuencial de datos de las variables de atención, expresión emocional y rendimiento motor, de la evaluación formativa.....	76
30	Porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron “en la tarea” vs “fuera de la tarea” en cada sesión de juego con FroggyBobby3.0.	79
31	Porcentaje promedio de tiempo del tipo de atención que los niños mostraron al utilizar FroggyBobby3.0 en cada sesión de juego.	80
32	Porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron expresando emociones positivas y negativas en cada sesión de juego.	81
33	Porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron moviendo sus brazos para practicar los ejercicios de integración visual-motriz de FroggyBobby3.0, en cada sesión de juego.	82
34	Porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron realizando movimientos asistidos por las psicoterapeutas vs movimientos no asistidos. ..	83
35	Porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron realizando movimientos dirigidos al objetivo vs movimientos no dirigidos al objetivo.	84
36	Patrones de movimiento integrados en FroggyBobby4.0.....	88
37	Interfaz de FroggyBobby4.0	89
38	Instalación de hardware para la evaluación de FroggyBobby4.0.	91
39	Diseño experimental del estudio de evaluación sumativa: diseño de múltiples pruebas de sujeto simple.....	94
40	Participantes en la evaluación sumativa de FroggyBobby4.0.	96
41	Psicoterapeuta realizando actividades de la prueba de desarrollo del cuestionario del desarrollo de la coordinación.....	98

42	Trazos de la prueba de Integración visual-motriz (Beery & Buktenica, 1982).	100
43	Participantes realizando las actividades de la prueba de desarrollo de integración visual-motriz.	100
44	Ejemplo de plantilla en Excel, utilizada para la codificación del rendimiento motor de la evaluación sumativa.	101
45	Puntuaciones de la medición de coordinación motriz para la fase I.	105
46	Puntuaciones de la medición de coordinación motriz para la fase II.	107
47	Puntuaciones de la medición de integración visual-motriz para la fase I.	111
48	Puntuaciones de la medición de integración visual-motriz para la fase II.	114
49	Puntuaciones de la medición de integración visual-motriz gruesa para la fase I.	116
50	Puntuaciones de la medición de integración visual-motriz gruesa para la fase II.	117
51	Porcentajes de la independencia de movimiento en ambas condiciones para la fase I.	120
52	Porcentajes de la dirección de movimiento en ambas condiciones para la fase I.	122
53	Porcentajes de la precisión de movimiento en ambas condiciones para la fase I.	123
54	Porcentajes de la independencia de movimiento en ambas condiciones para la fase II.	125
55	Porcentajes de la dirección de movimiento en ambas condiciones para la fase II.	127
56	Porcentajes de la precisión de movimiento en ambas condiciones para la fase II.	128
57	Porcentajes del rendimiento motor del participante P6 durante la fase I.	169
58	Porcentajes del rendimiento motor del participante P6 durante la fase I.	170
59	Figura 59. Porcentajes de la precisión del movimiento del participante P6 durante la fase I.	171
60	Porcentaje del rendimiento motor del participante P6 durante la fase II.	172
61	Procentajes del rendimiento motor del participante P6 durante la fase II.	173

62	Porcentaje de la precisión del movimiento del participante P6 durante la fase II.	174
63	Porcentaje del rendimiento motor del participante P10 durante la fase I.....	176
64	Porcentajes del rendimiento motor del participante P10 durante la fase I.....	177
65	Porcentajes de la precisión del movimiento del participante P10 durante la fase I.	178
66	Porcentajes del rendimiento motor del participante P10 durante la fase II.....	179
67	Porcentajes del rendimiento motor del participante P10 durante la fase II.....	180
68	Porcentaje de los movimientos dirigidos del participante P10 durante la fase II.	181

Lista de tablas

Tabla	Página
1	Características relevantes de los videojuegos basados en movimiento del trabajo previo..... 25
2	Resumen de los métodos de colección de datos utilizados en cada iteración de diseño..... 26
3	Temas de las entrevistas que se llevaron a cabo en cada iteración de diseño, y datos demográficos de los participantes entrevistados en cada iteración. 27
4	Detalles de las observaciones realizadas en cada iteración de diseño. 28
5	Detalles de las sesiones de diseño realizadas en cada iteración de diseño, incluyendo detalles demográficos y rol de los participantes en cada sesión. ... 29
6	Descripción de los prototipos conceptuales iniciales de baja fidelidad. 40
7	Ejercicios de integración visual-motriz propuestos durante las sesiones participativas de diseño. 44
8	Gestos en el aire propuestos en las sesiones participativas de diseño. 45
9	Descripción de los niveles de FroggyBobby3.0. 58
10	Detalle de los comportamientos del esquema de codificación para el análisis secuencial de datos de la evaluación formativa. 75
11	Detalle de los participantes de la evaluación sumativa. 91
12	Descripción de las fases y condiciones realizadas en el diseño experimental de la evaluación sumativa. 92
13	Esquema de codificación de rendimiento motor de la evaluación sumativa... 102
14	Resultados comparativos de las condiciones de tradicional laterales y FroggyBobby4.0 laterales con respecto a la prueba de desarrollo de la coordinación motriz para la fase I..... 104
15	Resultados comparativos de las condiciones de tradicional cruzados y FroggyBobby4.0 cruzados, con respecto a la prueba de desarrollo de la coordinación motriz para la fase II..... 107

16	Resultados comparativos de las condiciones de tradicional laterales y FroggyBobby4.0 laterales, con respecto a la prueba de desarrollo de integración visual-motriz para la fase I.	111
17	Resultados comparativos de las condiciones de tradicional cruzados y FroggyBobby4.0 cruzados, con respecto a la prueba de desarrollo de integración visual-motriz para la fase II.	113
18	Detalle de participantes para el análisis del rendimiento motor de la evaluación sumativa.	119
19	Resultados comparativos de las condiciones de tradicional laterales y FroggyBobby4.0 laterales, con respecto al rendimiento motor para la fase I.	120
20	Resultados comparativos de las condiciones de tradicional cruzados y FroggyBobby4.0 cruzados, con respecto al rendimiento motor para la fase II.	125
21	Resumen de los resultados cuantitativos de las habilidades de coordinación motriz, integración visual-motriz y rendimiento motor de cada fase de evaluación.	131

Capítulo 1. Introducción

1.1. Antecedentes

El autismo¹ es un trastorno neurológico del desarrollo que se manifiesta en los tres primeros años de edad y se caracteriza por deficiencias en la comunicación e interacción social recíproca, así como conductas repetitivas (American Psychiatric Association, 2000). Los niños con autismo tienen un rango restringido de intereses por lo que para ellos es difícil mantener su atención en actividades que no son de su interés. Los problemas de atención de los niños con autismo dificultan su capacidad para enfocarse en una tarea en particular (Steyn & Couteur, 2003). A nivel mundial, 1 de cada 68 niños tiene autismo (Centers for Disease Control and Prevention, 2014)². En 2010, la Clínica Mexicana de Autismo A.C. realizó un estudio que estimó que 1 de cada 300 niños tenía autismo en México (Cumi García, Guillen García, & Zúñiga Carrasco, 2015). El autismo es uno de los trastornos de desarrollo más frecuentes y su prevalencia va en aumento (Elsabbagh et al., 2012).

1.1.1. Integración visual-motriz

Aproximadamente el 80% de los niños con el diagnóstico de autismo presentan algún grado de déficit en la coordinación motriz (Donnellan, Hill, & Leary, 2012; Fournier, Hass, Naik, Lodha, & Cauraugh, 2010; M. L. Matson, Matson, & Beighley, 2011; Ming, Brimacombe, & Wagner, 2007; Noterdaeme, Wriedt, & Höhne, 2010). Éstos pueden incluir problemas en (Dyspraxia/DCD Association, 2003; Fournier et al., 2010):

- la planeación motriz; es decir, la habilidad para concebir, organizar y llevar a cabo una secuencia de acciones para ejecutar un movimiento coordinado;
- la percepción viso-espacial, es decir en la habilidad para navegar entre espacios, como identificar distancias, ubicación, profundidad;
- la integración visual-motriz, es decir, la habilidad para coordinar los movimientos del cuerpo en torno a un objetivo visual;

¹ <http://dsm.psychiatryonline.org/doi/abs/10.1176/appi.books.9780890425596.dsm01>

² De acuerdo a un estudio realizado por el Centro de Control de Enfermedades (CDC-Control Disease Center, por sus siglas en inglés).

- discernir entre información relevante, como identificar objetos en diferentes espacios.

Los niños con autismo presentan deficiencias en las habilidades de integración visual-motriz³ gruesa y fina. La integración visual-motriz se define como los movimientos coordinados entre el cuerpo y la vista. La importancia de las habilidades de integración visual-motriz se basa en su contribución al desarrollo de la destreza manual, coordinación, velocidad, equilibrio y escritura (Dawson & Watling, 2000; Oliver, 2013).

Las deficiencias en la coordinación motriz de los niños con autismo están mayormente inclinadas hacia problemas en las habilidades de integración visual-motriz gruesa. La integración visual-motriz gruesa consiste en coordinar las habilidades de percepción visual con movimientos gruesos del cuerpo (e.g., cachar o patear una pelota) (Ming et al., 2007; Novales, 2006; Oliver, 2013) mediante movimientos de los miembros superiores (i.e., brazos) o inferiores (i.e., piernas) del cuerpo, de acuerdo a un objetivo visual. Dado que la mayoría de las actividades de la vida diaria involucran el uso y movimiento de los brazos/manos (e.g., comer, vestirse, bañarse), es importante apoyar la integración visual-motriz de los miembros superiores de los niños con autismo (Jasmin et al., 2009).

Los niños con autismo que presentan una deficiencia en la integración visual-motriz gruesa, pueden tener dificultades en la adquisición de nuevas habilidades motrices⁴ necesarias para el desenvolvimiento en la vida diaria, y pueden presentar "torpeza motriz". Estos problemas de integración visual-motriz gruesa minimizan el deseo de niños con autismo de practicar deportes y limitan sus posibilidades para integrarse en la sociedad y ser totalmente independientes (Baranek, 2002; Jasmin et al., 2009).

1.1.2. Intervenciones terapéuticas para la integración visual-motriz gruesa

Un tipo de intervención no farmacológica para apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo es la terapia física. La terapia física demanda a los niños con

³ Integración visual-motriz: se define como el grado en el que la percepción visual y los movimientos del cuerpo o de las manos están bien coordinados (Abrams et al., 1990; Sanghavi & Kelkar, 2005). Consiste en la ejecución de uno o más patrones de movimiento como reacción a un estímulo visual (e.g., alcanzar un objeto, cachar o patear una pelota). También se conoce como coordinación visual-motriz.

⁴ Habilidad motriz: es una tarea o acción de movimiento voluntario de una o más partes del cuerpo orientada a un objetivo (Gallahue & Ozmun, 1998)

autismo practicar diferentes ejercicios de integración visual-motriz gruesa (e.g., lanzar objetos, practicar un movimiento de brazos y/o piernas) mediante la repetición de ejercicios físicos y siguiendo las guías que el terapeuta (e.g., terapeuta físico, psicoterapeuta) proporciona paso a paso (Dawson & Watling, 2000; Henderson & Henderson, 2003; Mieres, Kirby, Armstrong, Murphy, & Grossman, 2012). El objetivo de la terapia física es lograr con el tiempo la retención de las habilidades motrices que involucran la integración visual-motriz (Hillier, 2007). El terapeuta utiliza diferentes estímulos visuales (e.g., imágenes o marcadores de colores) para dirigir la atención del niño e indicar hacia dónde debe direccionar el movimiento de las diferentes extremidades del cuerpo (i.e., brazos o piernas). Por ejemplo, durante la terapia física de cuadrantes, el terapeuta utiliza un espacio (e.g., una pared) dividido en cuatro cuadrantes, los cuales pueden ser de diferente color (e.g., azul, rojo), o estar marcados con diferentes palabras (e.g., izquierda, derecha). El niño con autismo debe colocarse frente a los cuadrantes, y mover sus brazos hacia los cuadrantes, de acuerdo a las instrucciones brindadas por el terapeuta (e.g., lleva tu brazo derecho al cuadrante azul).

Sin embargo, llevar a cabo una terapia física con éxito es difícil, ya que los problemas de atención que los niños con autismo pueden presentar durante la terapia, dificultan que el terapeuta estimule al niño a realizar los ejercicios correctamente. Lo cual puede provocar frustración por parte del niño al no lograr un desempeño exitoso en la terapia (Asonitou, Koutsouki, Kourtessis, & Charitou, 2012). Con frecuencia, el rendimiento motor⁵ de los niños durante la terapia no es el esperado y regularmente no son capaces de coordinar adecuadamente los movimientos de sus extremidades con el estímulo visual (Abrams, Meyer, & Kornblum, 1990). Esto se debe a que los niños con autismo no tienen control del movimiento de las extremidades que deben dirigir hacia un objetivo visual (e.g., alcanzar un objeto específico, atrapar o patear una pelota). La falta de control del movimiento se debe en parte a que los estímulos visuales que los terapeutas utilizan durante la terapia no son claros o no son atractivos para los niños con autismo. Como resultado, los niños dirigen los movimientos de sus extremidades hacia otros estímulos disponibles en el entorno o practican el movimiento con una dirección imprecisa y con

⁵ Rendimiento motor: es el acto de la ejecución de una habilidad motriz. Puede ser observado directamente y su resultado puede ser evaluado cuantitativamente a través de un algún tipo de medida o escala (Gallahue & Ozmun, 1998).

poco control motriz. Por esta razón, las terapias que prometen mantener la atención del niño y alentarlos a realizar los movimientos de sus extremidades hacia un objetivo visual claro se han vuelto particularmente importantes.

1.2. Planteamiento del problema

Dado que un alto porcentaje de niños con autismo presentan problemas de integración visual-motriz y dada su importancia para el desarrollo de habilidades motrices, una posible alternativa que surge para potenciar las intervenciones terapéuticas para apoyar la integración visual-motriz de esta población son los videojuegos⁶ serios basados en movimiento. Los videojuegos serios basados en movimiento combinan conceptos de juego con tecnología, utilizando interfaces computacionales que requieren que el usuario realice ejercicio físico para controlar los elementos digitales del juego, disponibles en una pantalla. Los videojuegos serios basados en movimiento permiten al usuario practicar habilidades motrices (Sinclair, Hingston, & Masek, 2007). El objetivo principal de los videojuegos serios basados en movimiento no es el entretenimiento si no que tienen un objetivo clínico, terapéutico o educacional. Por ejemplo, los juegos serios basados en movimiento que se utilizan para promover la salud (Göbel, Hardy, Wendel, Mehm, & Steinmetz, 2010). Se ha demostrado que los videojuegos serios basados en movimiento son una herramienta de apoyo en las intervenciones terapéuticas (Goh, Ang, & Tan, 2008), ya que pueden apoyar a los terapeutas con la evaluación del desarrollo de las habilidades motrices mediante el rastreo del movimiento de las extremidades del niño y pueden ayudar a que el niño se mantenga atento a la tarea motriz que se le presente. Además, la literatura reporta que los videojuegos serios basados en movimiento pueden ser una herramienta útil para que los niños practiquen habilidades motrices (Judith E Deutsch, Borbely, Filler, Huhn, & Guarrera-Bowlby, 2008; Gao & Mandryk, 2012; Goh et al., 2008; Hernandez et al., 2014; Hondori & Khademi, 2014; Ma & Bechkoum, 2008).

⁶ Un videojuego es una aplicación interactiva orientada al entretenimiento que, a través de ciertos mandos o controles, permite simular experiencias en la pantalla de un televisor, una computadora u otro dispositivo electrónico. <http://definicion.de/videojuego/>.

Investigaciones anteriores han demostrado que los videojuegos serios basados en movimiento pueden apoyar a los niños con autismo a practicar habilidades motrices (Anderson-Hanley, Tureck, & Schneiderman, 2011; Finkelstein, Nickel, & Suma, 2010; Hilton et al., 2014). Sin embargo, la investigación en el diseño, desarrollo y evaluación de esta tecnología para mostrar la viabilidad, utilidad y eficacia en el apoyo a la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo, es casi inexistente.

Dada la necesidad de apoyar las intervenciones terapéuticas para promover la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo, en la presente tesis se plantea el desarrollo de un videojuego serio basado en movimiento en apoyo a la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo.

1.2.1. Preguntas de investigación

Dada la problemática anterior, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- [PI1] ¿Qué características de diseño y qué modelo de interacción debe tener un videojuego serio basado en movimiento para apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con problemas de motricidad, particularmente, de los niños con autismo?
- [PI2] ¿Qué ejercicios de integración visual-motriz gruesa pueden ser apoyados a través de un videojuego serio basado en movimiento dirigido a niños con autismo?
- [PI3] ¿Cuál es el la experiencia de uso y la viabilidad de los videojuegos serios basados en movimiento para apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo?
- [PI4] ¿Cuál es la eficacia y utilidad de los videojuegos basados en movimiento para apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo?

1.2.2. Objetivos

1.2.2.1. Objetivo general

Tomando como base las oportunidades que la tecnología de videojuegos serios basados en movimiento ofrece para apoyar a la problemática presentada y para responder las preguntas de investigación, el objetivo general de esta investigación es:

Diseñar, desarrollar y evaluar el uso de un videojuego serio basado en movimiento para apoyar las terapias de integración visual-motriz gruesa de niños con autismo con problemas de motricidad.

1.2.2.2. Objetivos específicos

A través del objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

- [OE1] Establecer las características de diseño y el modelo de interacción que un videojuego serio basado en movimiento debe tener para apoyar la integración visual-motriz de los niños con autismo.
- [OE2] Determinar los ejercicios de integración visual-motriz gruesa que pueden apoyarse con un videojuego serio basado en movimiento dirigido a niños con autismo.
- [OE3] Diseñar e implementar un videojuego basado en movimiento para apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo.
- [OE4] Evaluar la experiencia de uso y viabilidad del videojuego basado en movimiento en apoyo a la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo.
- [OE5] Evaluar la utilidad y eficacia del videojuego basado en movimiento en la mejora de la integración visual-motriz de los niños con autismo.

1.3. Metodología

La metodología de este trabajo de investigación está basada principalmente en una metodología iterativa⁷ de diseño centrado en el usuario que involucra tres iteraciones de diseño. Cada iteración pretende responder a preguntas específicas correspondientes al problema en estudio (Figura 1) [PI1, PI2]. Adicionalmente, la metodología consta de dos etapas de evaluación [PI3, PI4]. A continuación se detallan cada una de las etapas.

⁷ Metodología iterativa: Metodología que permite realizar una evolución sostenida de la solución a un problema (e.g., un sistema de software), teniendo en cuenta que desde el inicio, la solución seleccionada suele cubrir parte de las necesidades actuales de los usuarios finales. Durante las distintas iteraciones se va agregando funcionalidad adicional al sistema o solución, construyendo así un entorno adecuado para el cumplimiento de los requerimientos del sistema.

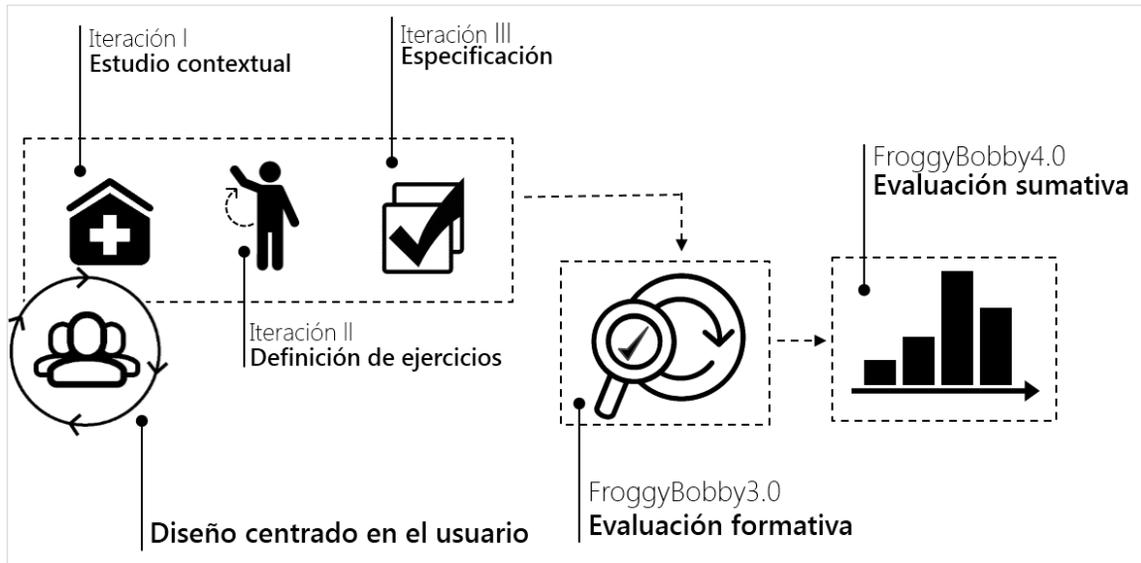


Figura 1. Metodología de la investigación.

1.3.1. Diseño centrado en el usuario [PI1, PI2]

Esta fase consistió de tres iteraciones de diseño, donde en cada iteración se utilizaron métodos de colección de datos y de diseño contextual rápido tales como entrevistas, observaciones y sesiones de diseño. La iteración I consistió en un estudio contextual, realizado para determinar las características de los niños con problemas de motricidad, un conjunto de características de diseño iniciales para el diseño de videojuegos serios basados en movimiento, el modelo de interacción⁸ apropiado para esta población y un diseño inicial de baja fidelidad de un videojuego serio basado en movimiento. La iteración II muestra la definición de ejercicios de integración visual-motriz apropiados para apoyarse a través de un videojuego serio basado en movimiento. Por último, la tercera iteración muestra la especificación del diseño con expertos clínicos y especialistas en autismo, donde el objetivo principal fue el de acotar el diseño inicial a la población de autismo. Los resultados de esta iteración incluyen un conjunto iterado de consideraciones de diseño para videojuegos serios basados en movimiento en apoyo a los niños con autismo y el rediseño del prototipo inicial, dando como resultado, un prototipo de alta funcionalidad para apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo.

⁸ Modelo de interacción: Define la manera en cómo los usuarios interactúan o utilizan un sistema (Rogers et al., 2011).

1.3.2. Evaluación formativa [PI3]

En esta fase se llevó a cabo una evaluación formativa del prototipo de alta funcionalidad de la iteración III, la cual tiene como objetivo determinar posibles mejoras de un proceso o sistema en particular. La evaluación se llevó a cabo en una clínica de autismo de la ciudad de Tijuana, B.C., México con 7 niños con autismo de baja funcionalidad y 3 psicoterapeutas. La evaluación tuvo una duración de 6 semanas. Cada sesión con el prototipo fue video-grabada y se utilizaron técnicas cuantitativas (e.g., análisis secuencial de datos) para determinar la experiencia de uso de los niños con autismo al utilizar el prototipo de alta funcionalidad. Además, se llevaron a cabo entrevistas semanales con las psicoterapeutas, para determinar el uso y adopción del prototipo.

1.3.3. Evaluación sumativa [PI4]

Con los resultados de la evaluación formativa, se rediseñó el prototipo de alta funcionalidad, obteniendo una nueva versión del mismo. Con esta nueva versión, se llevó a cabo una evaluación para determinar el impacto del prototipo de alta funcionalidad en términos de la integración visual-motriz de los niños con autismo. La evaluación se llevó a cabo en una clínica de autismo de la ciudad de Mexicali, B.C., México, con 14 niños con autismo, de media-baja funcionalidad y 4 psicoterapeutas. La evaluación tuvo una duración de 6 meses y consistió en comparar la ejecución de los ejercicios de integración visual-motriz con la terapia física tradicional (condición A), con el videojuego (condición B). Se aplicaron pruebas del desarrollo de coordinación motriz y de integración visual-motriz a los niños participantes, antes y después de cada condición de evaluación. Además, todas las sesiones de ejercicios en cada condición, fueron video-grabadas y se utilizaron técnicas cuantitativas (e.g., análisis secuencial de datos) para determinar la eficacia del prototipo de alta funcionalidad, respecto a las habilidades de integración visual-motriz en comparación de la terapia tradicional.

1.4. Estructura de la tesis

Esta tesis contiene siete capítulos, los cuales se describen a continuación: en el capítulo 2, se presentan los trabajos relacionados con respecto a los videojuegos basados en movimiento, principalmente aquellos dirigidos a apoyar habilidades motrices, y específicamente de niños con problemas de motricidad, en particular con autismo.

En el capítulo 3 se detallan las tres iteraciones de diseño que se llevaron a cabo para para el diseño del videojuego basado en movimiento en apoyo a la integración visual-motriz de los niños con autismo.

En el capítulo 4 se describen las características del videojuego basado en movimiento resultante de la fase del diseño centrado en el usuario, así como también se describe la arquitectura propuesta para la implementación del videojuego.

En el capítulo 5 se presenta la evaluación formativa del videojuego basado en movimiento descrito en el capítulo 4. Se presenta el diseño de la evaluación, actividades realizadas y análisis de datos. Los resultados obtenidos se presentan en términos de la experiencia de uso y viabilidad del videojuego para apoyar la integración visual-motriz de los niños con autismo; así mismo se describen las consideraciones de diseño encontradas en esta evaluación en términos de posibles mejoras del videojuego.

La evaluación sumativa se describe en el capítulo 6. Este capítulo incluye el rediseño del videojuego basado en movimiento, incorporando los resultados de la evaluación formativa. Además, se presenta el diseño de la evaluación, las actividades realizadas en la evaluación y por último se presenta el análisis de los datos y los resultados obtenidos.

En el capítulo 7 se detallan las conclusiones, aportaciones y limitaciones de esta tesis, y se describe el trabajo a futuro propuesto.

Capítulo 2. Videojuegos basados en movimiento

En este capítulo se presenta la investigación previa de videojuegos basados en movimiento como alternativa para promover la práctica o rehabilitación de habilidades motrices. Esta investigación se enfocó principalmente en aquellos trabajos centrados en videojuegos serios basados en movimiento para apoyar la práctica de habilidades motrices, y la rehabilitación motriz, haciendo énfasis en aquellos videojuegos basados en movimiento dirigidos a niños con problemas de motricidad, en particular a niños con autismo.

2.1. Videojuegos basados en movimiento para promover la práctica de habilidades motrices

Los videojuegos serios basados en movimiento (también llamados videojuegos de ejercicio o exergames), son aquellos videojuegos donde el entretenimiento no es el objetivo principal (e.g., juegos para promover la salud) (Göbel et al., 2010), y que además, combinan conceptos de juego con tecnología, utilizando interfaces computacionales que requieren que el usuario realice ejercicio físico (Sinclair et al., 2007). A diferencia de los videojuegos tradicionales, los videojuegos serios basados en movimiento pueden ofrecer beneficios a la salud física (Gao & Mandryk, 2012; F. F. Mueller, Peer, Agamanolis, & Sheridan, 2011; Sinclair et al., 2007). Este tipo de videojuegos están diseñados para rastrear el movimiento corporal o las reacciones del cuerpo y proporcionar diversión, entretenimiento y ejercicio a los usuarios (Tanaka et al., 2012). Algunos ejemplos comerciales de videojuegos basados en movimiento son *Eye Toy: Play*⁹ de Playstation 2 y *Wii Sports*¹⁰ de la consola Wii.

Los videojuegos serios basados en movimiento han sido utilizado en diferentes áreas de investigación tales como promoción de la salud (Wattanasoontorn, Boada, García, & Sbert, 2013), para mejorar la motivación de los pacientes a realizar cierto tipo de terapia

⁹ Videojuego donde el usuario realiza una simulación de girar platos y mantenerlos en equilibrio para que no se caigan, se utiliza el movimiento como el control del juego. <http://www.eyetoy.com/>

¹⁰ Videojuego que simula 5 deportes (tenis, béisbol, bolos, golf y boxeo) donde el usuario utiliza el control *Wiimote* para que sus movimientos sean rastreados por la consola. <http://wiisports.nintendo.com/>.

(Flores et al., 2008), en rehabilitación motriz y cognitiva (Connolly, Boyle, MacArthur, Hainey, & Boyle, 2012; Rego, Moreira, & Reis, 2010) y en neuro-rehabilitación (Wiemeyer, 2014).

Los trabajos que se presentan en este capítulo, están clasificados de acuerdo a la habilidad motriz que el videojuego apoya, al objetivo y a la población que están dirigidos.

En relación a la habilidad motriz, diferentes proyectos se abocan a apoyar a los usuarios en la motricidad gruesa, particularmente para:

- mantener la posición corporal (e.g., equilibrio y estabilidad corporal),
- la marcha y el movimiento de las extremidades inferiores (i.e., piernas),
- el movimiento y transportación de objetos, lo que involucra el movimiento de las extremidades superiores (i.e., brazos).

En relación al objetivo, algunos proyectos se abocan a: persuadir o promover el ejercicio físico, y otros a contribuir a la rehabilitación o habilitación de diferentes aspectos de la motricidad de pacientes que han sufrido alguna lesión (e.g., accidentes cerebrovasculares), o pacientes que necesitan adquirir o mejorar sus habilidades motrices (e.g. pacientes con parálisis cerebral).

Respecto a la población, existen trabajos que se enfocan en persuadir la práctica de habilidades motrices de la población en general, mientras que otros están enfocados a poblaciones más específicas (e.g., niños con problemas de motricidad). En esta revisión de literatura, se hace énfasis en los trabajos de videojuegos basados en movimiento¹¹ en apoyo a niños con problemas de motricidad, en particular se presentan aquellos dirigidos a niños con autismo.

2.1.1. Persuasión de la ejecución de habilidades motrices

Gran parte de la literatura de videojuegos basados en movimiento asume que los individuos ya poseen las habilidades motrices y se enfocan en promover o persuadir su práctica. Algunos trabajos se enfocan en evaluar el uso de videojuegos basados en

¹¹ Por simplicidad de la lectura, de aquí en adelante se hace referencia a videojuego **serio** basado en movimiento como videojuego basado en movimiento.

movimiento para apoyar a un usuario a practicar el equilibrio, la estabilidad y la posición corporal (Bielik, Tomlein, & Barla, 2012; Gao & Mandryk, 2012; Gerling, Schild, & Masuch, 2010; Göbel et al., 2010; Hoysniemi, Hamalainen, Turkki, & Rouvi, 2005; Mokka, Väättänen, Heinilä, & Väikkynen, 2003). Por ejemplo *GrabApple* (Gao & Mandryk, 2012), es un videojuego basado en movimiento que utiliza el cuerpo del usuario como controlador del juego. El objetivo de *GrabApple* (Figura 2a) es que los jugadores atrapen manzanas que van cayendo, y eviten atrapar las bombas que caen. El movimiento del cuerpo del jugador controla una mano virtual en la pantalla que recoge las manzanas o las bombas. Los movimientos que controlan la mano virtual incluyen el brincar, agacharse y mover el cuerpo de un lado al otro (Figura 2b). El sensor Kinect rastrea estos movimientos. El videojuego se evaluó con 24 participantes neurotípicos¹², comparando el juego en dos modalidades; utilizando el ratón y utilizando el sensor Kinect. Los participantes encontraron la versión de Kinect significativamente más retadora, mientras que la versión del ratón fue más fácil de aprender.

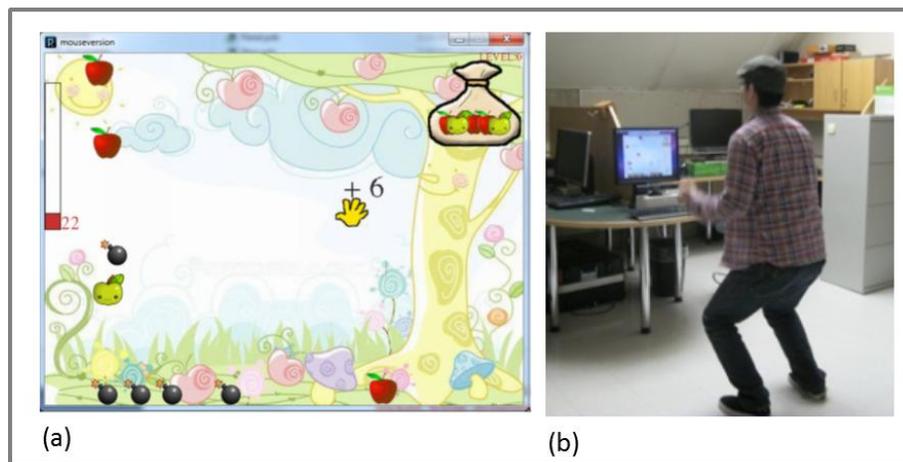


Figura 2. Videojuego basado en movimiento *GrabApple* (Gao & Mandryk, 2012).

Otros trabajos se han enfocado a promover el movimiento de las extremidades inferiores (Bekker, Hoven, Peters, & Hemmink, 2007; Berkovsky, Freyne, & Coombe, 2012; Koivisto, Merilampi, & Kiili, 2011; Leo & Tan, 2010; Macvean, 2012; Magielse & Markopoulos, 2009; F. Mueller, Agamanolis, & Picard, 2003). Por ejemplo en (Koivisto et

¹² Persona neurotípica: aquella persona que no presenta algún trastorno del desarrollo (e.g., autismo, dislexia, TDHA) (Baker, 2006)

al., 2011) presentan *Bug attack*, un videojuego que el jugador controla con teléfonos celulares y una pantalla pública, lo que permite un enfoque de múltiples jugadores. En *Bug attack*, el jugador intenta proteger la vegetación de su planeta atrapando todos los insectos voladores mediante movimientos del cuerpo (e.g., saltos y desplazamientos, Figura 3). El juego incluye tres tipos diferentes de insectos, cada uno con diferente valor, los cuales definen la puntuación del jugador. El insecto se divide en dos cuando el jugador no lo atrapa a tiempo. El juego termina cuando los jugadores atrapan todos los insectos o cuando los insectos se comen toda la vegetación. El jugador que obtiene la puntuación más alta es el que gana. El juego se evaluó con niños y adolescentes neurotípicos de 13-16 años (n=152). Los resultados indican que a la mayoría de los participantes les gustó jugar *Bug attack*. Los participantes no consideraron el juego como un ejercicio duro o intenso. Además, los participantes aceptaron positivamente el juego y los teléfonos celulares parecen ser adecuados para controlar este tipo de juegos.



Figura 3. Interfaz de usuario de *Bug attack* (Koivisto et al., 2011).

Otros trabajos de investigación se han enfocado a la promoción de la práctica de movimientos de miembros superiores (Easterly, Street, & Blachnitzky, 2009; F. F. Mueller, Gibbs, & Vetere, 2009; Peer, Mazalek, Mueller, & Friedlander, 2011; Sheridan & Mueller, 2010), y a persuadir la práctica de algún deporte que involucra el uso de habilidades motrices (e.g., las artes marciales: (Chua et al., 2003; Hoysniemi et al., 2005)).

Sin embargo, este tipo de trabajos asumen que los jugadores son usuarios que no presentan algún problema de coordinación motriz o que no tienen déficits en las habilidades de integración visual-motriz. Este cuerpo de trabajo deja preguntas abiertas

respecto a si los videojuegos basados en movimiento propuestos pueden ser utilizados por personas que tienen alguna deficiencia en las habilidades motrices (e.g., niños con autismo, niños con parálisis cerebral, personas con accidentes cerebrovasculares).

2.1.1.1. Niños con problemas de motricidad

Algunos proyectos de investigación han propuesto videojuegos basados en movimiento para apoyar las necesidades de niños con parálisis cerebral (Judith E Deutsch et al., 2008; Dunne, Do-Lenh, O' Laighin, Shen, & Bonato, 2010; Hernandez et al., 2012, 2014). Por ejemplo, Liberi (Hernandez et al., 2014), es un videojuego basado en movimiento que se juega en red para fomentar la socialización de jóvenes con parálisis cerebral. Liberi utiliza una bicicleta estacionaria diseñada especialmente para personas con discapacidad física y un control inalámbrico tradicional en conjunto con una palanca de control (i.e., joystick en inglés). Los jugadores tienen que pedalear para mover sus avatares¹³. Los jugadores utilizan la palanca de control para dirigir los avatares hacia un objetivo y para invocar las acciones en el juego se utiliza un solo botón del control.

El juego toma lugar en un mundo virtual que permite a un grupo de jugadores conocerse y jugar juntos. Una plaza central da acceso a seis mini-juegos y varias tiendas donde los jugadores pueden comprar recompensas obtenidas en los mini-juegos (Figura 4). Los mini-juegos involucran juegos colaborativos y competitivos y se pueden jugar en grupo o de manera individual. Liberi se evaluó con 10 jóvenes con parálisis cerebral durante 10 semanas. Liberi estuvo disponible 1.5 horas diarias en un servidor, los participantes decidían libremente cuando utilizar Liberi dentro de esa disponibilidad y debían utilizar el juego mínimo 3 veces por semana. Las sesiones de juego fueron almacenadas en un registro de actividad de cada participante por día de juego. Al concluir el estudio, los participantes respondieron un cuestionario sobre la experiencia de juego y una entrevista semi-estructurada. Los resultados indican que Liberi provocó interacciones sociales entre los jóvenes con parálisis cerebral y que los participantes jugaron los mini-juegos en modo colaborativo la mayor parte del tiempo (69%). Además, los resultados cualitativos indican

¹³ Avatar: En la literatura de videojuegos, se denomina avatar a una representación gráfica, que se asocia a un usuario para su identificación. Los avatares pueden ser fotografías, dibujos o, incluso, representaciones tridimensionales. <http://www.significados.com/avatar/>

que los participantes preferían jugar los juegos en modo colaborativo que en modo individual.



Figura 4. Uno de los mini-juegos de Liberi: tres jugadores compitiendo en una carrera de lagartijas (Hernandez et al., 2014).

Estos trabajos muestran que el uso de videojuegos serios basados en movimiento benefician la actividad física para poblaciones con problemas de motricidad, lo cual puede tener un impacto en la salud (Yim & Graham, 2007) y en la socialización (Hernandez et al., 2014). Sin embargo, estos hallazgos abren interrogantes respecto a si estos videojuegos se pueden utilizar para apoyar las terapias de integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo.

2.1.1.2. Niños con autismo

Más relevante para este trabajo de tesis son los proyectos que se han enfocado a apoyar las necesidades de niños con autismo. La investigación enfocada a videojuegos basados en movimiento en apoyo a niños con autismo incluye el uso de videojuegos basados en movimiento para la gestión de alteraciones del comportamiento y para el aumento del control cognitivo (Anderson-Hanley et al., 2011). Otros proyectos buscan fomentar la interacción y comunicación social (Bernardini, Porayska-Pomsta, & Smith, 2014; Bhattacharya, Gelsomini, Pérez-Fuster, Abowd, & Rozga, 2015; Uzuegbunam, Wong, Cheung, & Ruble, 2015), así como apoyar la enseñanza de actividades del desarrollo, tales como imitación de posturas y tocar objetos (Casas, Herrera, Coma, & Fernández, 2012). Estos proyectos muestran que los videojuegos basados en movimiento pueden ser una herramienta potencial para apoyar a niños con autismo en el desarrollo o adquisición de diferentes habilidades.

Son pocos los estudios que se han dedicado a desarrollar videojuegos serios basados en movimiento para promover la ejecución de habilidades motrices de niños con autismo. Por ejemplo Astrojumper (Finkelstein et al., 2010) es un videojuego basado en movimiento para motivar a los niños con autismo a ejercitarse y a practicar habilidades motrices. Astrojumper consiste en una cueva que se forma por un entorno virtual incluyendo pantallas retro proyectadas que utilizan dos proyectores estereoscópicos. Para controlar el juego, el usuario usa equipo especializado en diferentes partes del cuerpo incluyendo cuatro rastreadores electromagnéticos en la frente, dos en muñecas y en un cinturón en sus caderas. En Astrojumper, el usuario permaneciendo de pie tiene que esquivar objetos virtuales que van volando hacia al frente y recolectar objetos de bonificación (Figura 5). Astrojumper utiliza reforzamientos para motivar al usuario a tener éxito en el juego tales como puntuación/calificación, retroalimentación, efectos especiales y colores. Una evaluación en laboratorio de una sesión de juego de Astrojumper con ocho adolescentes neurotípicos sugiere que el juego es divertido y motivante. Finkelstein et al., muestran el diseño del videojuego pero no especifican cuáles son las necesidades particulares que se tienen abordar para apoyar a niños con autismo. Además, no presentan evidencia del uso del videojuego y el impacto en la terapia con niños con autismo, ya que la evaluación se realizó con adolescentes neurotípicos.



Figura 5. Niño jugando Astrojumper (Finkelstein et al., 2010).

La investigación de (Bhattacharya et al., 2015) explora el impacto del uso de videojuegos basados en movimiento en el salón de clase de niños con autismo. Particularmente, se enfocan en estudiar como los videojuegos basados en movimiento apoyan aspectos de motivación, habilidades sociales con sus pares y habilidades motrices. Los autores

diseñaron un videojuego basado en movimiento donde el objetivo es atrapar objetos para obtener puntos. El jugador tiene que realizar un gesto con sus manos para “alcanzar” un objeto virtual y acumular puntos. El videojuego permite la modalidad de juego individual o por pares. El videojuego se instaló en dos salones de clase con 18 niños con autismo (edades entre 8 y 19 años) por dos meses. Aunque los autores no midieron las habilidades de coordinación motriz, se documentaron los movimientos novedosos que los niños ejecutaron cuando alcanzaban los objetos virtuales durante el juego, como sentarse, gatear, inclinarse hacia abajo o patear – la mayoría de estos movimientos fueron espontáneos y no imitados. La novedad se determinó con base en los comentarios de las maestras o a la falta de evidencia de comportamientos similares en sesiones previas. Los resultados indican que los niños realizaron un movimiento novedoso 1.5 veces en promedio por un minuto de juego, para el caso de las sesiones de un solo jugador y 0.6 veces para el caso de las sesiones de dos jugadores.



Figura 6. Videojuego basado en movimiento de (Bhattacharya et al., 2015)

Estos resultados muestran cómo los videojuegos basados en movimiento pueden apoyar a los niños con autismo a descubrir nuevos movimientos. Sin embargo, más estudios de evaluación son necesarios para demostrar cómo los videojuegos basados en movimiento apoyan la adquisición o mejora de las habilidades motrices de los niños con autismo y a la práctica de movimientos específicos o novedosos.

2.1.2. Rehabilitación de habilidades motrices

Los trabajos que se ubican en esta sección se han dedicado a investigar el uso de videojuegos basados en movimiento para apoyar la rehabilitación motriz, como la

rehabilitación del movimiento de brazos o piernas en personas con problemas de motricidad. También se incluyen los trabajos que se han enfocado a rehabilitar o a apoyar la coordinación motriz afectada por causa de algún accidente cerebrovascular. Además se discuten los videojuegos basados en movimiento que se enfocan a apoyar a personas con problemas de movimientos de extremidades superiores, como los brazos (Alankus, Lazar, May, & Kelleher, 2010; Burke et al., 2009; Hernandez et al., 2012; Moya, Grau, Tost, Campeny, & Ruiz, 2011); y movimientos de las extremidades inferiores como el mantener el equilibrio y la estabilidad corporal (Anderson, Annett, & Bischof, 2010; Betker, Desai, Nett, Kapadia, & Szturm, 2007; Chang, Chen, & Huang, 2011; Geurts et al., 2011; Sugarman & Weisel-eichler, 2009), y rehabilitar la marcha (J E Deutsch, Robbins, Morrison, & Bowlby, 2009; Schönauer, Pintaric, & Kaufmann, 2011).

Dentro de los trabajos para apoyar la rehabilitación de las extremidades inferiores, algunos proyectos de investigación exploran el espacio de diseño de los videojuegos basados en movimiento en apoyo a personas con problemas de motricidad (e.g., espasticidad¹⁴). (Geurts et al., 2011) diseñaron cuatro juegos para apoyar la rehabilitación del equilibrio y la estabilidad corporal. Uno de estos juegos, es *Collecting Eggs*, que demanda a los pacientes a permanecer en equilibrio mientras están parados sobre una pierna con el objetivo de recolectar huevos y dejarlos caer sobre la cima de una montaña (Figura 7). Los usuarios consultan el juego en una computadora portátil pero utilizan como interfaz para manipular el juego, dispositivos tangibles comerciales (i.e., *Wii remote* y *Wii MotionPlus*), los cuales se colocan en el muslo del paciente. Para medir el equilibrio de un paciente, se toma en cuenta la inclinación del muslo, que se detecta mediante el acelerómetro del *Wii remote*, y la dirección en la cual el paciente levanta la rodilla, la cual se detecta con el *Wii MotionPlus*.

¹⁴ Hipertonía muscular de origen cerebral que se manifiesta por espasmos. <http://lema.rae.es/drae/?val=espasticidad>

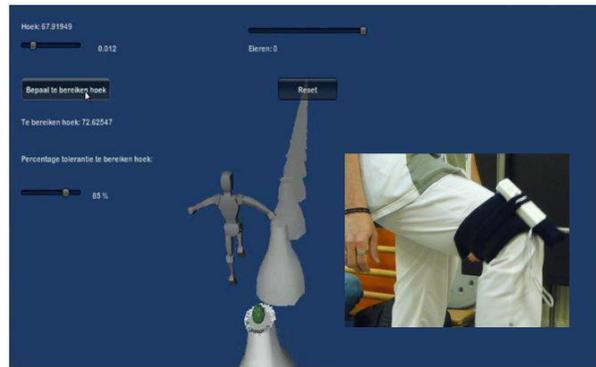


Figura 7. Videojuego *Collecting Eggs* (Geurts et al., 2011).

Similarmente, MoCap, es un sistema de rastreo óptico infrarrojo que en conjunto con un dispositivo de adquisición de bio-señales (e.g., ritmo cardíaco), y un número de componentes de software permiten al usuario jugar juegos para la rehabilitación de la marcha (Schönauer et al., 2011). Este sistema utiliza un asistente de calibración del cuerpo, el cual genera automáticamente un modelo aproximado del esqueleto de cada paciente mediante el reconocimiento de puntos claves del esqueleto. La calibración se realiza siempre que un nuevo usuario desea utilizar el sistema y necesita de instrucción previa para manejar el asistente. Para evaluar la funcionalidad de este sistema de rastreo, los autores desarrollaron 3 juegos que están ligados mediante una historia común: el jugador llega con su barco a una isla desierta a descubrir los restos de una antigua civilización. Por ejemplo, uno de los juegos que se diseñó para este sistema, es *Temple of Magupta* (Schönauer et al., 2011). En este juego el jugador corre a través de un templo antiguo recogiendo objetos y evadiendo obstáculos (Figura 8). El sistema se evaluó mediante una sesión de juego en laboratorio, con personas neurotípicas de 22-30 años (n=10). Todos los participantes fueron capaces de realizar el ejercicio de calibración y expresaron que no les resultó difícil realizarlo. La mitad de los participantes comentaron que recomendarían este tipo de terapia a un amigo o a otro paciente.

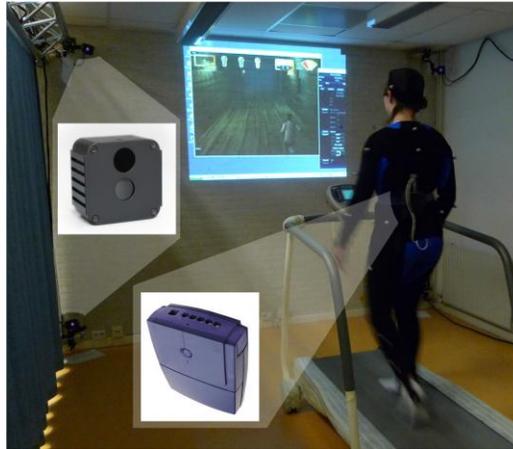


Figura 8. Sistema MoCap y juego Temple of Magupta (Schönauer et al., 2011).

Más relevante para esta tesis son aquellos videojuegos basados en movimiento que apoyan la rehabilitación de los miembros superiores del cuerpo. Por ejemplo, *Arrow Attack* (Burke et al., 2009), es un videojuego basado en movimiento diseñado para apoyar la rehabilitación motriz de ambos brazos de pacientes con accidentes cerebrovasculares. *Arrow Attack* presenta al jugador dos flechas en la pantalla: una apuntando a la izquierda indicando al jugador que debe de mover su brazo izquierdo; y la otra flecha apunta hacia la derecha para los movimientos del brazo derecho. Las flechas se mueven entre cuatro cajas o cuadros que se despliegan en la pantalla (Figura 9). El jugador debe tocar las dos flechas simultáneamente utilizando la mano correcta. Las flechas están coloreadas de acuerdo al color de los marcadores para ayudar al jugador a distinguir cuál brazo utilizar. Las flechas se mueven entre las cajas y la selección de la siguiente caja es aleatoria. Sin embargo, la selección de la caja es limitada tal que el juego no requiera que el jugador cruce sus brazos por completo, ya que puede causar estrés y complicaciones innecesarias.



Figura 9. Jugador utilizando el videojuego *Arrow Attack* (Burke et al., 2009).

Para controlar el *Arrow Attack*, los jugadores deben mover sus brazos, y el método primario de entrada del juego es el rastreo de cada mano. Para rastrear las manos, el jugador tiene que utilizar un guante o un marcador de cierto color. El color del guante o del marcador deberá ser diferente al color de fondo donde se esté utilizando el juego para evitar conflictos y confusiones al utilizar los algoritmos de visión. *Arrow Attack* fue evaluado por medio de un estudio de usabilidad, donde 10 personas neurotípicas (i.e., estudiantes de licenciatura) utilizaron el juego 2 veces en un mismo día. Después de utilizar el juego, los participantes respondieron un cuestionario de usabilidad. La mayoría de los participantes respondieron que el juego fue fácil de usar y estuvieron de acuerdo en que los dispositivos de entrada (i.e., marcadores o guantes) fueron intuitivos y agregaron disfrute al juego.

Este cuerpo de trabajo muestra cómo los videojuegos basados en movimiento pueden apoyar la rehabilitación motriz de las extremidades superiores e inferiores de diferentes poblaciones. (Burke et al., 2009). Sin embargo, quedan preguntas abiertas respecto a si estos videojuegos se pueden utilizar para apoyar las integración visual-motriz gruesa de niños con problemas de motricidad, en particular de niños con autismo.

2.1.2.1. Niños con problemas de motricidad

La investigación respecto a videojuegos basados en movimiento en apoyo a niños con problemas de motricidad está enfocada mayormente a niños con parálisis cerebral (Judith E Deutsch et al., 2008; Dunne et al., 2010; Hernandez et al., 2012). En el trabajo de

(Hernandez et al., 2012) se presenta *Unicycle game* (Figura 10), un videojuego basado en movimiento que permite a los niños con parálisis cerebral utilizar una bicicleta de rehabilitación, diseñada por los autores, para controlar un avatar montado en un monociclo mientras controla una bandeja llena de huevos en cada mano.

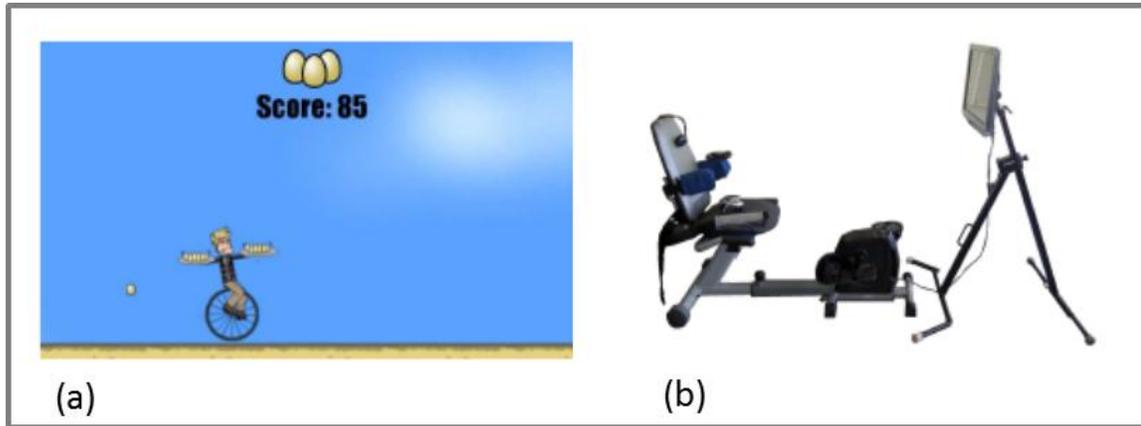


Figura 10. Investigación de (Hernandez et al., 2012). (a) Videojuego *Unicycle game*; (b) bicicleta de rehabilitación diseñada por los autores para controlar el videojuego.

Unicycle game se evaluó con 8 niños con parálisis cerebral y consistió en un experimento para medir la fluidez de tres modos de juego que modifican la cadencia del pedaleo para controlar el monociclo virtual y evitar que el personaje tire los huevos disponibles en sus charolas. En el primer modo de juego, llamado de “manejo directo”, la cadencia del pedaleo de la bicicleta, se traduce directamente al movimiento del monociclo virtual. El siguiente modo, llamado “suavizado”, mitiga la cadencia del pedaleo utilizando un promedio ponderado en una ventana de 3 segundos. El tercer modo, llamado “por velocidad”, solo son posibles tres opciones de velocidades; “detenido”, “caminando” y “corriendo”. Esto permite una variación considerable en la cadencia mientras que reduce los cambios de velocidad visibles. Todos los participantes fueron capaces de utilizar el juego y los participantes encontraron el modo de “manejo directo” más difícil que las otras dos condiciones. Este estudio muestra que el uso de videojuegos basados en movimiento beneficia la actividad física, lo cual puede tener un impacto en la salud y en la rehabilitación de las habilidades motrices. Sin embargo, la literatura no reporta si la práctica de habilidades motrices a través de videojuegos basados en movimiento permite apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo.

2.1.2.2. Niños con autismo

Son pocos los estudios que se han dedicado a desarrollar videojuegos serios basados en movimiento en apoyo a las habilidades motrices de niños con autismo. *Uni_Paca_Girl* (Altanis, Boloudakis, Retalis, & Nikou, 2013) es un videojuego basado en movimiento diseñado para apoyar a niños con problemas de motricidad a realizar ejercicios que demandan el movimiento de los brazos. *Uni_Paca_Girl* (Figura 11) tiene una interfaz que muestra el patrón de movimiento esperado y el movimiento real que el jugador lleva a cabo. Esta interfaz permite al jugador y al terapeuta, comparar el rendimiento con base en el objetivo terapéutico motriz. Aunque los autores de este trabajo argumentan que *Uni_Paca_Girl* se puede utilizar por una variedad de niños con problemas de motricidad, incluyendo autismo, el trabajo presenta una evaluación en laboratorio con dos niños con problemas de motricidad, uno con hemiplejía severa izquierda originada a partir de un accidente cerebrovascular y otro con parálisis cerebral. El experimento de evaluación consistió en dos fases. Durante la primera fase, los niños realizaron los ejercicios motrices de la manera tradicional que se realizan durante una terapia convencional, mientras que la segunda fase consistió en realizar los ejercicios motrices utilizando *Uni_Paca_Girl*. Los autores calcularon el tiempo de duración y el número de intentos que los niños realizaron para seguir el patrón de movimiento solicitado. Los resultados de la evaluación son prometedores, los niños realizaron los movimientos con menos tiempo y menor número de intentos con *Uni_Paca_Girl*, en comparación con la terapia tradicional. Sin embargo, más estudios son necesarios para mostrar la viabilidad, utilidad y eficacia del uso de videojuegos serios basados en movimiento para apoyar la integración visual-motriz de los niños con autismo.



Figura 11. Videojuego *Uni_Paca_Girl* (Altanis et al., 2013)

2.2. Resumen del trabajo previo

En la Tabla 1 se muestra un resumen de los videojuegos que se han presentado en este capítulo. Para cada videojuego se detalla el objetivo, el aspecto motor que favorece, la población a la que está dirigido y el tipo de evaluación del videojuego. Como se puede observar, en los que se refiere al aspecto motor, la mayoría de los videojuegos apoyan la posición corporal, o las habilidades motrices con miembros superiores e inferiores; sin embargo, ninguno de ellos está enfocado apoyar la integración visual-motriz de niños con autismo. Por otra parte, los videojuegos basados en movimiento en apoyo a la terapia para la rehabilitación de habilidades motrices, en particular para las habilidades de integración visual-motriz son casi inexistentes.

Con base en la literatura, y dada la importancia del desarrollo de habilidades de integración visual-motriz en los niños con autismo, en este trabajo de investigación se explora cómo los videojuegos serios basados en movimiento pueden apoyar la integración visual-motriz de los niños con autismo.

Tabla 1. Características relevantes de los videojuegos basados en movimiento del trabajo previo.

Videojuego	Población	Objetivo	Aspecto motor				Evaluación	
			Posición corporal	Extremidades inferiores	Extremidades superiores	Integración visual-motriz	Experiencia de uso	Eficacia en habilidades motrices / apoyo a la terapia
<i>GrabApple</i> (Gao & Mandryk, 2012)	General	Persuasión de habilidades motrices	X				X	
<i>Bug attack</i> (Koivisto et al., 2011)	General	Persuasión de habilidades motrices	X	X			X	
Liberi (Hernandez et al., 2014)	Parálisis cerebral	Persuasión de habilidades motrices / socialización		X	X		X	
Astrojumper (Finkelstein et al., 2010)	Autismo	Persuasión de habilidades motrices	X		X		X	
Videojuego de (Bhattacharya et al., 2015)	Autismo	Persuasión de habilidades motrices / socialización	X		X		X	
<i>Collecting Eggs</i> (Geurts et al., 2011)	Adultos con problemas de motricidad	Rehabilitación motriz	X				X	
<i>Temple of Magupta</i> (Schönauer et al., 2011)	General	Rehabilitación motriz	X	X			X	
<i>Arrow Attack</i> (Burke et al., 2009)	Personas con accidentes cerebrovasculares	Rehabilitación motriz	X		X	X	X	
<i>Unicycle game</i> (Hernandez et al., 2012)	Parálisis Cerebral	Rehabilitación motriz		X	X		X	
<i>Uni_Paca_Girl</i> (Altanis et al., 2013)	Niños con problemas de motricidad	Rehabilitación motriz			X	X	X	

Capítulo 3. Diseño centrado en el usuario

En este capítulo se presenta el proceso de diseño utilizado para el desarrollo del presente trabajo de tesis, el cual consiste en un diseño centrado en el usuario (Hugh Beyer, Holtzblatt, & Baker, 2004) y está formado por tres iteraciones de diseño. Cada iteración pretende responder preguntas específicas correspondientes al problema en estudio [PI1, PI2], e involucra diferentes métodos de diseño utilizando técnicas de diseño contextual rápido, tales como:

- Entrevistas semi-estructuradas¹⁵ y observación directa no participativa¹⁶ para entender las necesidades de los niños con problemas de motricidad, y
- Sesiones participativas de diseño utilizando escenarios de diseño, así como bosquejo de prototipos de baja fidelidad para diseñar prototipos potenciales de videojuegos serios basados en movimiento.

A través de las tres iteraciones, se llevaron a cabo 23 entrevistas semi-estructuradas, 15:30 horas de observación directa no participativa y 13 sesiones de diseño (Tabla 2). A continuación se describe a detalle el proceso y los resultados de estas tres iteraciones de diseño.

Tabla 2. Resumen de los métodos de colección de datos utilizados en cada iteración de diseño.

	Iteración I	Iteración II	Iteración III	Total
Entrevistas semi-estructuradas (#)	13	1	9	23
Observación directa no participativa (hrs:mm)	9:30	-	6:00	15:30
Sesiones de diseño (#)	3	6	4	13

¹⁵ Entrevista semi-estructurada: entrevista guiada por un conjunto de temas previamente definidos, donde las preguntas son abiertas y de acuerdo con las respuestas de los entrevistados, se pueden agregar preguntas o modificar el orden de los temas (McCracken, 1988).

¹⁶ Observación directa no participativa: un investigador observa directamente el comportamiento de los sujetos de estudio como un espectador pasivo. Es decir, se limita a registrar la información que aparece ante él, sin interactuar con los sujetos de estudio para no modificar su comportamiento habitual (Mintzberg, 1970).

Tabla 3. Temas de las entrevistas que se llevaron a cabo en cada iteración de diseño, y datos demográficos de los participantes entrevistados en cada iteración.

Iteración	Rol	Temas abordados durante las entrevistas
I	Especialistas clínicos (n ¹⁷ =11, P = 8 ¹⁸ , 4 mujeres, promedio de edad = 35), los cuales proporcionan atención y cuidado a niños con problemas de motricidad, incluyendo terapeutas físicos y ocupacionales, psicólogos y médicos especialistas en rehabilitación.	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso de la terapia, incluyendo las actividades que se llevan a cabo, artefactos y tecnología utilizada, y estrategias para la gestión y evaluación de los casos clínicos; • Problemas comunes que los niños con problemas de motricidad enfrentan durante la terapia y su vida diaria, incluyendo aspectos relacionados con la atención, autoestima, fuerza y equilibrio; y, • El tipo de retroalimentación, incentivos y reforzamientos utilizados por los terapeutas, incluyendo verbales, visuales y físicos.
	Padres de niños con problemas de motricidad (n=2, P=2, una mujer, edades = 36 y 50).	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas comunes que los niños con problemas de motricidad enfrentan durante la terapia y su vida diaria, incluyendo aspectos relacionados con la atención, autoestima, fuerza, equilibrio y percepción viso-espacial; • Seguimiento de la intervención terapéutica en casa, incluyendo duración, tipo de intervención, actividades; y • Tecnología utilizada por el niño, enfatizando conocimiento previo en el uso de videojuegos basados en movimiento.
II	Terapeuta físico (n=1, P=1, varón, edad = 30), quien proporciona terapia física a niños con problemas de motricidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas para el desarrollo motor que son la base de los ejercicios de coordinación motriz de la terapia física, • Selección y adecuación de los ejercicios de coordinación motriz utilizados con niños con problemas de motricidad, • Duración y frecuencia de cada ejercicio de coordinación motriz.
III	Especialistas clínicos (n=7, P=7, 5 mujeres, promedio de edad = 40) los cuales proporcionan atención y cuidado a niños con problemas de motricidad, incluyendo terapeutas físicos y ocupacionales, psicólogos y médicos especialistas en rehabilitación pediátrica.	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso de la terapia, incluyendo las actividades que se llevan a cabo, artefactos y tecnología utilizada, y estrategias para la gestión y evaluación de los casos clínicos; • Problemas comunes que los niños con problemas de motricidad enfrentan durante la terapia y su vida diaria, incluyendo aspectos relacionados con la atención, autoestima, fuerza y equilibrio; y, • El tipo de retroalimentación, incentivos y reforzamientos utilizados por los terapeutas, incluyendo verbales, visuales y físicos.
	Ingenieros biomédicos (n=2, P=2, una mujer, edades = 33 y 34) responsables del desarrollo o adquisición de tecnología para el laboratorio de análisis de movimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de tecnología que la clínica necesita para medir parámetros de movimiento. • El proceso del desarrollo o adquisición de tecnología para el laboratorio. • Problemas comunes que los miembros del laboratorio enfrentan utilizando tecnología comercial para medir parámetros de movimiento.

¹⁷ El término "n" se refiere al número de entrevistas realizadas con cada tipo de participante (e.g., especialistas clínicos, padres de familia)- El término "P" se refiere al número de participantes que fueron entrevistados.

¹⁸ Seis de los especialistas clínicos fueron entrevistados una vez (n=6), mientras que los otros dos fueron entrevistados múltiples veces (n=5); un psicólogo fue entrevistado dos veces (n=2), y un terapeuta físico fue entrevistado tres (n=3).

Tabla 4. Detalles de las observaciones realizadas en cada iteración de diseño.

Iteración	Tiempo de observación (horas)	Actividad	Detalles
I	6:30	Intervenciones terapéuticas para el desarrollo motor (n=13, tiempo promedio = 29:24 minutos por terapia; mínimo=23:43, máximo=36:08)	<ul style="list-style-type: none"> • 6 terapias físicas • 4 terapias ocupacionales • 3 terapias sensoriales
	3:00	Sesión de videojuegos utilizando Wii y Kinect (tiempo promedio = 08:11 minutos por juego, mínimo=05:00, máximo=20:00).	<ul style="list-style-type: none"> • 2 niños con dispraxia (todos varones, edad promedio = 10 años). • 1 niño con TDHA (varón, edad = 10 años). • Los niños jugaron 6 videojuegos comerciales utilizando Kinect¹⁹ y 6 utilizando Wii²⁰.
II	-----	-----	-----
III	6:00	Intervenciones terapéuticas para el desarrollo motor (n=14, tiempo promedio = 25:30 minutos por terapia, mínimo=12:34, máximo=32:38)	<ul style="list-style-type: none"> • 4 terapias físicas • 4 terapias físicas utilizando Kinect con videojuegos comerciales • 4 terapias ocupacionales • 3 terapias cognitivas

¹⁹ www.xbox.com/en-US/kinect

²⁰ <http://wii.com/>

Tabla 5. Detalles de las sesiones de diseño realizadas en cada iteración de diseño, incluyendo detalles demográficos y rol de los participantes en cada sesión.

Iteración	# de Sesión de Diseño (SD)	Objetivo	# participantes	Rol
I	SD1	Proponer las primeras ideas para el diseño de un videojuego basado en movimiento para niños con problemas de motricidad.	n=7	Especialistas en Ubicomp y IHC (n=5, todas mujeres, edad promedio =30 años). Diseñadores gráficos (n=2, todas mujeres, edad promedio = 24 años)
	SD2	Discutir las ideas seleccionadas y elegir una de acuerdo a la experiencia de los especialistas y a la preferencia de los niños.	n=2	Experto en IHC (n=1, mujer, edad = 27 años) Niño con dispraxia (n=1, varón, edad =10 años)
	SD3	Definir las características y funcionalidad de la idea elegida del videojuego a desarrollar (FroggyBobby1.0)	n=4	Experto en IHC (n=1, mujer, edad = 34 años) Niños (n=2, todas mujeres, uno con TDHA y otro neuro-típico, edades =8 y 12 años) Padre de familia de un niño con problemas de motricidad (n=1, mujer, edad = 36 años)
II	SD4	Definir los gestos en el aire para ser utilizados como controladores del videojuego a desarrollar.	n=5	Especialistas en Ubicomp y IHC (n=3, todas mujeres, edad promedio = 32 años) Terapeuta físico (n=1, varón, edad = 30 años) Programador, especialista en Ubicomp (n=1, varón, edad = 29 años)
	SD5, SD6, SD7, SD8, SD9	Definir los ejercicios de integración visual-motriz apropiados para ser incluidos en el videojuego (Tabla x). Rediseñar los niveles del videojuego de acuerdo a los ejercicios de integración visual-motriz (FroggyBobby2.0).	n=3	Especialistas en Ubicomp y IHC (n=1, mujer, edad = 27 años) Terapeuta físico (n=1, varón, edad = 30 años) Programador, especialista en Ubicomp (n=1, varón, edad = 29 años)
III	SD10	Evaluar el diseño del videojuego FroggyBobby2.0, y la definición de los ejercicios de integración visual-motriz y los controladores del juego.	n=5	Especialistas en Ubicomp y IHC (n=1, mujer, edad = 27 años) Terapeuta ocupacional y terapeuta físico (n = 2, una mujer, edades = 27 y 31 años) Ingenieros biomédicos (n=2, una mujer, edades = 33 y 34 años)
	SD11		n=4	Especialistas en Ubicomp y IHC (n=1, mujer, edad = 27 años) Médicos especialistas en rehabilitación pediátrica (n=3, un varón, promedio de edad = 43 años)
	SD12, SD13	Personalizar el diseño a una población específica de niños con problemas de motricidad, y definir los niveles para FroggyBobby3.0	n=4	Especialistas en Ubicomp y IHC (n=1, mujer, edad = 27 años) Psicoterapeutas (n=3, todas mujeres, promedio de edad = 23 años)

3.1. Iteración I – Estudio contextual

La primera iteración de diseño estuvo dirigida por la primera parte de la pregunta de investigación 1 (ver sección 1.2.1).

3.1.1. Colección de datos

Con el objetivo de entender las necesidades de los niños con problemas de motricidad, las características de las terapias tradicionales para apoyar la integración visual-motriz, y la experiencia de juego que los niños con problemas de motricidad presentan al utilizar videojuegos comerciales basados en movimiento, se llevó a cabo un estudio contextual²¹ por un periodo de seis meses en el Centro de Rehabilitación Integral (CRI) de Ensenada, B.C. México. Se realizaron 13 entrevistas semi-estructuradas; 11 con especialistas clínicos (*e.g.*, terapeutas físicos, terapeutas ocupacionales, psicólogos, etc.), y 2 con padres de familia de niños con problemas de motricidad ($n=13$, $t = 13:08:36$ hrs., promedio = $01:17:36$ hrs., $SD^{22} = 00:31:11$ hrs.). Durante las entrevistas se cuestionó acerca de las experiencias, problemas y estrategias al atender a niños con problemas de motricidad (Tabla 3, Iteración I).

Las entrevistas se complementaron con 6:30 horas de observación directa no participativa (Mintzberg, 1970) a 13 terapias de apoyo a la integración visual-motriz (incluyendo terapia física, ocupacional y cognitiva), con el objetivo de facilitar el entendimiento de las intervenciones (Tabla 4, Iteración I). Dos investigadores observaron directamente a los pacientes realizando las terapias, utilizando la plantilla básica para analizar datos de observación (Robson, 2002), la cual es comúnmente utilizada en diseño de interacción (Rogers, Sharp, & Preece, 2011). Esta plantilla incluye diferentes aspectos a documentar respecto a la observación, tales como la actividad que se está realizando, los artefactos utilizados, el lugar donde se está llevando a cabo la actividad, entre otros (Figura 12). Adicionalmente, se realizaron observaciones directas no participativas a tres niños²³ con problemas de motricidad (2 niños con el trastorno del desarrollo de la coordinación, 1 niño con trastorno de déficit de atención e hiperactividad, edad promedio = 8 años, todos varones) jugando videojuegos comerciales basados en movimiento de

²¹ Estudio contextual: estudio cualitativo que se realiza en sitio con los usuarios finales del sistema con el objetivo adquirir una comprensión inicial del problema y obtener información de los usuarios potenciales en el uso del sistema a desarrollar (H. Beyer & Holtzblatt, 1998).

²² De aquí en adelante, el término SD hace referencia a la desviación estándar del resultado que se está presentando, por sus siglas en inglés, *Standard Deviation*.

²³ Todos los especialistas clínicos y padres de familia dieron su consentimiento explícito por escrito para participar en el estudio, accedieron a ser entrevistados, y dieron su permiso para que los niños participantes fueran observados y video grabados durante las sesiones de observación.

entretenimiento, utilizando Nintendo Wii y la consola Xbox con Kinect, con el objetivo de observar el modelo de interacción utilizado por los niños al jugar los videojuegos.

Tiempo	Actividad	Artefactos	Personas	Localización	Notas
13:00	La T.O. entra al CES (Centro de Estimulación Sensorial) y recuesta al paciente en una colchoneta.	Colchoneta	T.O, Paciente	Centro de estimulación sensorial (Snoezelen)	Entra la mamá y el hermanito. Niño de 3 años.
13:03	La T.O. le pregunta a la mamá si el niño durmió bien porque está muy corajudo. La T.O. le levanta los piecitos al paciente, los sube y los baja, como abdominales. El niño está llorando	Colchoneta	T.O, Paciente	Centro de estimulación sensorial (Snoezelen)	El CES está cerrado, con la luz apagada y con la proyección de estrellas en la pared.
13:05	La T.O. le pone la fibra óptica al niño en la cara y el niño detiene el llanto. El niño toma la fibra óptica con sus manos. Sigue acostado, la T.O. cambia los colores de la fibra óptica con un control que tiene a la mano.	Colchoneta, fibra óptica	T.O, Paciente	Centro de estimulación sensorial (Snoezelen)	
13:07	La T.O. le quita la fibra óptica al niño de sus manos y lo voltea boca abajo. Menciona que está trabajando los giros. Voltea al paciente boca abajo y después boca arriba. La motivación del paciente es la fibra óptica, la agarra mientras la T.O. está trabajando los giros.	Colchoneta, fibra óptica	T.O, Paciente	Centro de estimulación sensorial (Snoezelen)	

Figura 12. Ejemplo de la plantilla utilizada para guiar la observación.

Los videojuegos basados en movimiento fueron seleccionados tomando en cuenta las partes del cuerpo a utilizar (e.g., brazos o piernas) y las habilidades requeridas para jugar el videojuego (e.g., equilibrio, coordinación motriz o fuerza). En total, los niños jugaron 6 videojuegos basados en movimiento utilizando Kinect y 6 videojuegos basados en movimiento utilizando Wii (tiempo promedio por juego: 08:11 minutos, mínimo: 05:00 minutos, máximo = 20:00 minutos) (Tabla 4, Iteración I). La sesión de videojuegos fue video grabada para facilitar su análisis.

El estudio contextual fue complementado con 3 sesiones de diseño (una sesión participativa de diseño y dos sesiones de diseño) (n=3, t=03:45:47 hrs.), donde participaron niños con problemas de motricidad, padres de familia y especialistas en Interacción Humano-Computadora (IHC) y en Cómputo Ubicuo (Ubicomp, por sus siglas en inglés, *Ubiquitous Computing*) (Tabla 5, Iteración I). Durante la primera sesión de diseño, se presentó un resumen de los resultados del estudio contextual y un conjunto de escenarios de uso que se utilizaron para discutir tres ideas de diseño de tres prototipos de baja fidelidad de videojuegos serios basados en movimiento. Posteriormente, se seleccionaron dos prototipos para discutirse en las sesiones de diseño siguientes con 3 niños con problemas de motricidad y un padre de familia. Los niños dieron retroalimentación y propusieron características potenciales de diseño para cada prototipo. Enseguida, los niños votaron por un prototipo, resaltando ventajas y

desventajas de cada uno, y explicando sus razones de preferencia. Finalmente, tomando en cuenta los resultados de estas sesiones de diseño, se seleccionó uno de los prototipos y se creó un conjunto de escenarios detallando el diseño de un prototipo inicial para apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con problemas de motricidad.

3.1.2. Análisis de datos

Para el análisis de datos, se utilizó un método mixto de técnicas de análisis cualitativas y cuantitativas. Las técnicas de análisis cualitativo incluyen técnicas de teoría fundamentada²⁴ (Strauss & Corbin, 1998) y técnicas de diseño contextual rápido para generar diagramas de afinidad (Holtzblatt, Wendell, & Wood, 2005). Para analizar los videos de la sesión de videojuegos, se utilizó la técnica cuantitativa de análisis secuencial de datos²⁵.

Las entrevistas (tiempo total = 13:08:36 hrs.) y reportes de observación de las terapias de desarrollo motor (tiempo total = 06:30 hrs.) se transcribieron. Enseguida, se utilizó la técnica de codificación abierta de teoría fundamentada. Para esto, se realizó un microanálisis sobre las transcripciones, el cual consiste en analizar línea por línea los documentos para identificar temas comunes y recurrentes. En la Figura 13 se muestra un extracto de la entrevista realizada a un médico especialista en rehabilitación, donde el médico menciona los tipos de intervenciones o tratamientos que se proporcionan en la clínica para asistir a niños con problemas de motricidad, y a partir de ahí, se identificaron las citas relevantes asignándoles una palabra o “código” de acuerdo al tema recurrente (i.e., terapia física, terapia ocupacional, terapia cognitiva).

El microanálisis se complementó con cuatro sesiones de interpretación (n=4, t=14:36:08 hrs.), las cuales consistieron en utilizar la técnica de codificación axial (Strauss & Corbin, 1998) para, identificar relaciones entre los temas recurrentes. Por ejemplo, en la Figura 13 se muestra que los temas recurrentes *terapia ocupacional*, *terapia física* y *terapia ocupacional* están relacionados porque los tres son tipos de intervención terapéutica para

²⁴ Teoría fundamentada: es una metodología que involucra la construcción de teoría a través del análisis sistemático de datos, los cuales han sido capturados también sistemáticamente (Strauss & Corbin, 1998).

²⁵ Método para identificar patrones de comportamiento mediante el cual se pueden obtener diferentes aspectos del comportamiento, tales como su frecuencia/ocurrencia y su duración (Bakeman & Gottman, 1997).

apoyar el desarrollo motor. Toda la información se concentró y analizó utilizando el software atlas.ti²⁶.

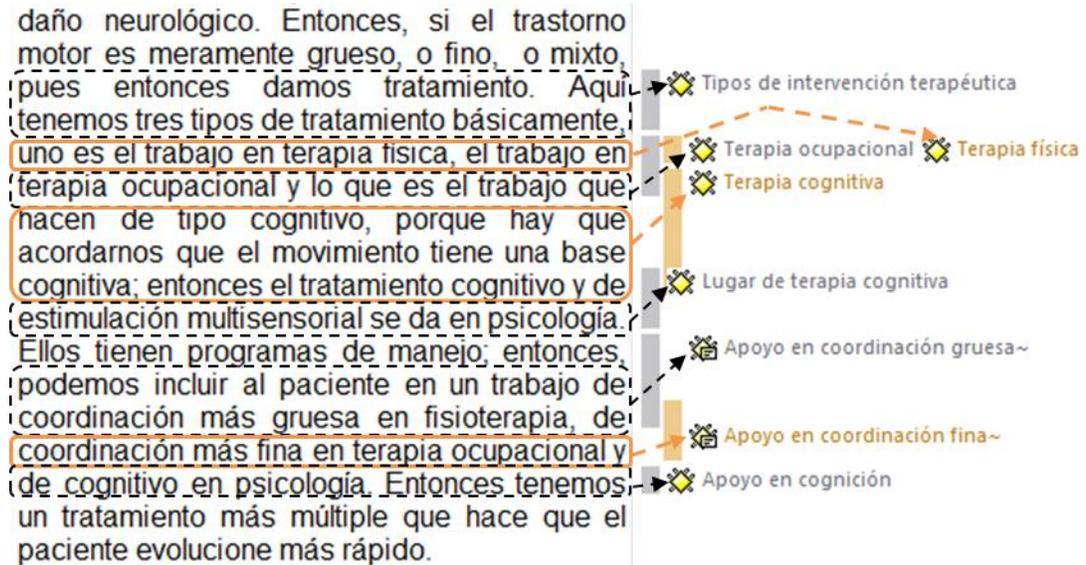


Figura 13. Ejemplo de codificación.

Una vez que se categorizaron las citas, se realizó un diagrama de afinidad²⁷ (H. Beyer & Holtzblatt, 1998), donde se obtuvieron notas tales como preguntas, ideas de diseño e interpretaciones que se agruparon de acuerdo a los temas emergentes que se describen en la sección 3.1.3.1.

Para analizar la sesión de videojuegos, se utilizó análisis secuencial de datos (Bakeman & Gottman, 1997) y técnicas inspiradas por el enfoque de observación estructurada (Mintzberg, 1970) a las observaciones de los niños jugando con videojuegos comerciales basados en movimiento (tiempo total = 03:00 hrs.). Se diseñó un esquema de codificación para extraer aspectos relacionados con la jugabilidad de los niños utilizando videojuegos comerciales basados en movimiento para entretenimiento, el cual incluye el nombre del videojuego, el tipo de consola que utiliza (e.g., Wii o Kinect), la modalidad (e.g., individual, por pares o en equipo), y su impacto en términos de interacciones sociales, atención, coordinación, fuerza y equilibrio. Se observó cada videojuego basado en movimiento que los niños utilizaron, codificando cada comportamiento disponible en el esquema de

²⁶ <http://www.atlasti.com/>

²⁷ Diagrama de afinidad: método de categorización en el que se clasifican varios conceptos en diversas categorías (H. Beyer & Holtzblatt, 1998).

codificación (Figura 14). Todos los videojuegos se codificaron utilizando el mismo esquema de codificación. Posteriormente, se analizaron estas codificaciones utilizando codificación abierta y axial para agrupar los aspectos comunes observados a través de la sesión de videojuegos

Interacción de juego					
Aspectos en general					
Problemas	Estrategias	Notas	Nombre del archivo	Tiempo	Citas
		ERM empieza a configurar el juego, el juego inicia y se ve entusiasmado.	N-VID000_3	16:46	
El juego comienza contando una historia, las letras no se alcanzan a ver.	Los niños solo observan las imágenes, no están leyendo las letras.		P-VID000_2	20:16	
Frustración del niño ERM porque el juego tarda mucho en introducir la historia.			N-VID000_3	17:30	"Así comienza, ahiii (gesto como de frustración)" ERM
ERM se vuelve a agarrar la cabeza como símbolo de frustración porque el juego no comienza.	ERM se sienta en el sillón a esperar a que pase toda la introducción del juego.		N-VID000_3	18:01	"Si está limpio el disco del juego, nada más que no se puede adelantar esa parte" ERM
			N-VID000_3	18:27	"Hay ya por fin, por fin, eso no, otra vez!! " ERM
El juego inicia pero ERM se ve como enfadado de esperar a que iniciara.	Se levanta y coloca sus brazos sobre el sensor para que lo detecte.		N-VID000_3	20:53	
No se observan movimientos coordinados, es decir, el juego no le solicita con que brazo derrumbar los	ERM utiliza los brazos alternados, dependiendo en donde se encuentren			21:35/	"Tengo que aplastar a los infectados pero no se qué pasa, si funciona,

Figura 14. Ejemplo del esquema de codificación para el análisis de la sesión de videojuegos.

El análisis de datos descrito en esta iteración, también fue utilizado en la segunda y tercera iteración de diseño.

3.1.3. Resultados

El estudio contextual de esta iteración fue de utilidad para comprender de manera general los problemas y estrategias que enfrentan los niños con problemas de motricidad al realizar una intervención terapéutica para el desarrollo de habilidades de integración visual- motriz. De igual forma, observar a los niños con problemas de motricidad utilizar videojuegos comerciales basados en movimiento, permitió determinar los problemas actuales que estos niños enfrentan al utilizar esta tecnología. Con base en esto, se plantearon un conjunto de características o consideraciones iniciales de diseño que se deben de seguir para diseñar un videojuego en apoyo a niños con problemas de motricidad. Los resultados se presentan a detalle a continuación.

3.1.3.1. Temas emergentes

Como resultado del análisis de las entrevistas y notas de observación se obtuvo un diagrama de afinidad, donde se detectaron dos temas emergentes (Figura 15):

- **Problemas con la intervención terapéutica:** Engloba los problemas y estrategias que los niños con problemas de motricidad se enfrentan al realizar las terapias para el desarrollo de las habilidades de integración visual-motriz.
- **Problemas con videojuegos comerciales:** Engloba los problemas y estrategias que los niños con problemas de motricidad se enfrentan al utilizar videojuegos comerciales basados en movimiento.



Figura 15. Resultado del diagrama de afinidad.

Problemas con la intervención terapéutica

Los resultados del estudio contextual muestran los problemas y estrategias alrededor de los aspectos psicológicos y físicos de los niños con problemas de motricidad. En el aspecto psicológico, los niños tienen problemas relacionados con la frustración, los cuales emergen cuando no son capaces de terminar una tarea con éxito durante las intervenciones terapéuticas para el desarrollo motor (e.g., terapia física). Por ejemplo, los niños pueden frustrarse durante una terapia física cuando tienen que coordinar los movimientos de su cuerpo (e.g., movimiento de brazos), con instrucciones y/o estímulos visuales por parte del terapeuta. El terapeuta incrementa el número y tipo de instrucciones durante la terapia, y los niños se sienten frustrados por no ser capaces de ejecutar los ejercicios de coordinación motriz solicitados por el terapeuta. Para manejar la frustración, los terapeutas monitorizan constantemente la atención del niño y los

motivan a continuar la terapia. Las terapias se personalizan de acuerdo al objetivo motor y al interés de los niños (e.g., utilizar material con el personaje favorito de los niños), e incluyen una combinación de apoyos e indicaciones verbales, físicas y posicionales.

En el aspecto físico, los niños tienen dificultades con sus habilidades motrices gruesas y finas, para coordinar sus movimientos durante la actividad física, especialmente para procesar información viso-espacial (e.g., calcular distancias y localizar objetos). Los especialistas clínicos promueven la repetición de los ejercicios motrices utilizando los miembros superiores (i.e., brazos), debido a que las habilidades de integración visual-motriz con los brazos son las más utilizadas para llevar a cabo las actividades de la vida diaria²⁸ y así promover la independencia de los niños. Para realizar estos ejercicios, los niños mueven sus brazos de arriba-abajo o de izquierda-derecha, como estrategia para apoyar la integración visual-motriz gruesa y la percepción viso-espacial. La repetición de estos ejercicios a largo plazo puede facilitar los movimientos de los niños, su orientación en relación al ambiente, la búsqueda y agarre de algún objeto y la transportación de objetos de un lugar a otro. Las repeticiones de ejercicios motrices en conjunto con estímulos visuales, ayudan a los niños a mejorar su integración visual-motriz gruesa (e.g., terapia física de cuadrantes, una superficie dividida en cuatro cuadros, donde cada cuadro puede ser de diferente color o etiquetada con una palabra diferente).

Para ejemplificar una intervención terapéutica motriz, así como para enfatizar los problemas de frustración de los niños con problemas de motricidad, y las dificultades que enfrentan cuando coordinan movimientos durante la intervención, se presenta el siguiente escenario.

Escenario de una intervención terapéutica motriz

Mateo es un niño de 7 años con problemas de integración visual-motriz gruesa, que asiste a terapia física en un centro público de rehabilitación. Para llevar a cabo la terapia, el terapeuta físico utiliza una pared dividida en cuatro cuadrantes, cada cuadrante es de diferente color (e.g., azul, amarillo, rosa y verde). El terapeuta le indica a Mateo “Mira los cuatro cuadrantes en la pared, vas a mover tus brazos hacia alguno de estos cuadrantes

²⁸ Actividades de la vida diaria: término utilizado en la literatura clínica y de salud, el cual se refiere a las actividades de rutina que las personas realizan diariamente sin necesidad de ayuda, tales como alimentarse, bañarse, vestirse, actividades de higiene personal, ir al baño y movilidad funcional (e.g., caminar) (Kottorp, Bernspång, & Fisher, 2003).

cuando yo lo indique. Lleva tus brazos hacia el cuadrante azul. Ahora lleva tu brazo izquierdo hacia el cuadrante rosa". Después de un par de intentos con éxito, Mateo se equivoca y se frustra, pidiendo al terapeuta que cambie la actividad: "Está muy difícil, deberíamos hacer otra cosa". El terapeuta físico le comenta: "Es divertido, vamos a intentarlo de nuevo, pon atención: primero lleva tu brazo izquierdo hacia el cuadrante rosa, después hacia el cuadrante amarillo". Después de dos intentos con éxito, Mateo se frustra debido a que no puede coordinar sus brazos, mientras exclama: "No quiero hacer esto, no es divertido". Mateo no logra los objetivos terapéuticos del día y el terapeuta recomienda a la mamá de Mateo, practicar los ejercicios en casa.

El escenario muestra los problemas de frustración que los niños con problemas de motricidad pueden presentar durante una terapia física, al no cumplir con los objetivos de la terapia. Además, muestra la falta de motivación por llevar a cabo la terapia y ejemplifica el tipo de movimientos que se utilizan durante una terapia física (Baranek, 2002), para este caso particularmente la terapia de cuadrantes.

Problemas con los videojuegos comerciales basados en movimiento

Los resultados del estudio de observación de niños utilizando videojuegos comerciales revelaron que a los niños les desagradan las instrucciones muy largas y complejas, así como leer u observar una historia de juego o un tutorial extenso, especialmente cuando el videojuego utiliza mucho texto. En contraste, los niños prefieren videojuegos casuales o aquellos videojuegos con una duración corta. Además, los niños solo ven o ponen atención a los tutoriales cuando el videojuego ofrece instrucciones claras y cortas.

Además, los niños se frustran cuando no pueden realizar el ejercicio motriz solicitado por el videojuego. Por ejemplo, al utilizar un videojuego de Wii de ciclismo (Schl, Poppinga, Henze, & Boll, 2008), los niños tienen que realizar movimientos circulares con ambos brazos mientras sostienen el control Wiimote²⁹. Los niños se frustraron porque los movimientos eran muy difíciles de realizar, y los tres niños expresaron que se fatigaron al realizar los movimientos, como resultado, abandonaron el juego.

²⁹ Wiimote: También conocido como *Wii Remote Control*, es el control principal de la consola Wii de Nintendo. Sus características más destacables son la capacidad de detección de movimiento en el espacio y la habilidad de apuntar hacia objetos en la pantalla.

Se observó que cuando los niños utilizan videojuegos que presentan muchos estímulos (e.g., visuales, auditivos), los niños se sienten abrumados y comienzan a perder la atención en los ejercicios motrices solicitados. Una posible razón para esto es que los niños no saben hacia dónde dirigir su atención, debido a que múltiples estímulos están compitiendo por la atención de los niños.

Los niños tuvieron problemas al utilizar el control Wiimote, expresando mayor dificultad al presionar más de un botón al mismo tiempo. Los problemas que surgieron al utilizar el sensor Kinect fueron al reconocer los brazos de los niños, particularmente al simular atrapar o lanzar objetos virtuales en la pantalla.

3.1.3.2. Características iniciales de diseño

Se proponen tres consideraciones de diseño para el desarrollo de videojuegos basados en movimiento dirigidos a apoyar la integración visual-motriz de los niños con problemas de motricidad. Estas consideraciones surgieron del análisis de los temas emergentes. Enseguida se describen a detalle.

Equilibrio entre el nivel de atención y frustración del niño

Los niños con problemas de motricidad tienden a frustrarse cuando no pueden seguir una instrucción o cuando no cumplen algún objetivo; como resultado de esto, prefieren no realizar los ejercicios de la terapia. Además, cuando esto sucede, los niños pierden la atención a la terapia y deciden abandonarla. Existen diferentes estrategias para obtener la atención del niño y para manejar la frustración de éste. El videojuego debe imitar las estrategias que los especialistas clínicos utilizan:

- Instrucciones claras y cortas
- Metas cortas y definidas
- Incentivos a corto plazo
- Historia de fondo
- Personalización de los elementos
- Fácil configuración
- Retroalimentación

Imitar los ejercicios de la terapia

Para que la terapia tenga efecto, el niño tiene que realizar en casa los ejercicios motrices que imiten la práctica de la terapia que el niño realiza en el centro de rehabilitación física. El niño debe practicar los ejercicios físicos de la terapia utilizando el videojuego. El videojuego debe mostrarle al niño cómo debe realizar los ejercicios (imitación) y brindarle estímulos (e.g., visuales y/o auditivos) para que pueda llevarlos a cabo.

Adaptabilidad respecto a la capacidad motriz del niño

Las terapias para apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con problemas de motricidad se deben de adaptar dependiendo de su capacidad motriz. Los especialistas van adecuando el tratamiento de acuerdo al avance motriz del niño.

El videojuego debe adaptarse a la capacidad motriz de cada niño. Debe tomar datos del alcance de los movimientos iniciales del niño, o bien debe permitir una configuración sencilla para que el niño realice los ejercicios motrices de acuerdo al alcance de sus movimientos.

Modelo de interacción: gestos en el aire vs dispositivo físico

Los niños con problemas de motricidad tienden a frustrarse cuándo no tienen la coordinación motriz necesaria para utilizar un dispositivo físico como controlador del videojuego. Principalmente, cuando el videojuego demanda el uso de más de un botón del dispositivo físico, simultáneamente.

- En caso de que el videojuego serio basado en movimiento utilice un dispositivo físico como controlador debe de utilizar una configuración sencilla, es decir, no debe solicitar el uso de más de un botón simultáneamente. O bien, debe usarse solo para rastrear el movimiento del niño, sin solicitar la presión de algún botón.

De la misma manera, cuando los niños utilizan gestos en el aire³⁰ como controlador del videojuego, tienden a frustrarse cuando el videojuego solicita un gesto en el aire que es

³⁰ Gestos en el aire: También llamados gestos naturales o intuitivos. Son gestos corporales (e.g., gestos con los brazos o las manos), que pueden ser utilizados como entrada para interactuar con un sistema (Aigner et al., 2012). Existen diferentes plataformas que permiten la lectura de este tipo de gestos (e.g., Microsoft Kinect, Leap Motion). (Karam & Schraefel, 2005)

complejo o difícil de ejecutar (e.g., gesto de tomar o lanzar un objeto), requiriendo un rastreo muy preciso del gesto.

- En caso de que el videojuego serio basado en movimiento utilice gestos en el aire como controlador, éstos deben ser sencillos y fáciles de rastrear, para prevenir que el niño se frustre y abandone el videojuego.

3.1.3.3. Prototipos

Utilizando las consideraciones de diseño anteriores, se identificaron un conjunto de escenarios que muestran cómo un videojuego puede apoyar la integración visual-motriz. Estos escenarios fueron el resultado de la sesión de diseño 1 (SD1) (Tabla 5, Iteración I), y por medio de la técnica de guion de visualización³¹, se realizaron bosquejos conceptuales de dos prototipos de baja fidelidad de videojuegos (Tabla 6). Estos dos prototipos se utilizaron para llevar a cabo las siguientes dos sesiones de diseño con niños con problemas de motricidad.

Tabla 6. Descripción de los prototipos conceptuales iniciales de baja fidelidad.

Prototipo	Descripción
<p>Huevos de Dragón</p> 	<p>Este prototipo promueve la práctica de ejercicios de coordinación de los miembros inferiores (i.e., pies) y superiores (i.e., brazos). El juego demanda a los jugadores transportar objetos de un lugar a otro en una distancia predeterminada. Consiste en un piso interactivo donde los jugadores tienen que evitar obstáculos virtuales (e.g., cocodrilos, fuego), siguiendo un patrón en el piso interactivo para transportar un objeto real (e.g., pelotas simulando ser huevos de dragón) de un lugar a otro.</p>
<p>Juego de la Rana</p> 	<p>Este prototipo imita la terapia de los cuadrantes, solicitando a los niños practicar ejercicios de coordinación motriz gruesa con los miembros superiores (i.e., brazos). Los niños tienen que mover sus brazos para controlar la lengua del avatar de una rana con el objetivo de atrapar moscas virtuales en la pantalla.</p>

Ambos prototipos fueron discutidos durante las sesiones de diseño SD2 y SD3, con el objetivo de obtener retroalimentación de los niños sobre su opinión en cada idea (Tabla

³¹ Guion de visualización: conjunto de ilustraciones que permiten conceptualizar una imagen general de la funcionalidad de un producto (Holtzblatt et al., 2005).

5, Iteración I). En ambas sesiones de diseño, los niños seleccionaron el juego de la rana como su favorito y brindaron retroalimentación acerca de las características a incluir en el videojuego (e.g., moscas poderosas para obtener diferentes poderes). Tomando en cuenta estos aspectos, así como los temas emergentes, los investigadores analizaron las ventajas y desventajas de cada prototipo, y votaron por desarrollar el juego de la rana. Las sesiones de diseño concluyeron con una lluvia de ideas de posibles características de diseño y funcionalidades a ser incorporadas en el videojuego, las cuales se describen enseguida.

Prototipo inicial de baja fidelidad: FroggyBobby1.0

FroggyBobby1.0 es un videojuego serio basado en movimiento que demanda a los niños mover sus brazos en forma coordinada para atrapar moscas de múltiples colores, controlando la lengua de un avatar: la rana Bobby. Los niños tienen que atrapar un número determinado de moscas para ayudar a Bobby a alimentar a sus amigas ranas (Figura 16b).

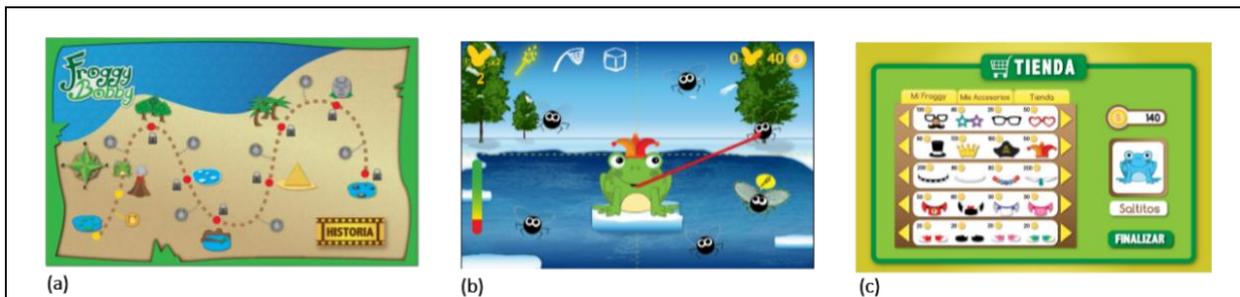


Figura 16. Pantallas de FroggyBobby1.0: (a) Mapa de los niveles de FroggyBobby1.0; (b) La rana Bobby atrapando moscas; (c) Tienda donde los niños pueden comprar diferentes accesorios para personalizar a Bobby

FroggyBobby1.0 tiene 6 niveles de dificultad (Figura 16a) que varían dependiendo de la cantidad de incentivos que los niños ganan, la dificultad para atrapar las moscas y los ejercicios de integración visual-motriz que los niños ejecutan para atrapar las moscas en cada nivel. Los ejercicios que los niños realizan en el videojuego imitan ejercicios de integración visual-motriz que los niños practican durante la terapia física de cuadrantes. En los niveles 1-3, se dibujan las trayectorias de las moscas y los niños mueven sus brazos en los cuadrantes superiores (de lado a lado) para atrapar moscas de múltiples colores; en los niveles 4-5, los niños tienen que mover sus brazos en todos los cuadrantes

(arriba, abajo, izquierda, derecha) para atrapar moscas de múltiples colores y evadir mosquitos malos que hacen que la rana se sienta mal; en el nivel 6, el videojuego solicita al niño atrapar las moscas de un determinado color.

En cada nivel, el niño gana puntos y monedas cada vez que atrapa una mosca, las cuales puede intercambiar después por objetos para personalizar su avatar (e.g., sombreros, zapatos, lentes) (Figura 16c). Además, el niño puede atrapar moscas con poderes (i.e., incentivos) (Figura 16b) que puede usar en su beneficio (e.g., desaparecer los objetos a evadir –i.e., los mosquitos malos). El videojuego controla la velocidad de las moscas de acuerdo a la capacidad motriz del niño –e.g., si el videojuego detecta inactividad por parte del niño, la velocidad de las moscas se hace más lenta y una barra de estado al lado izquierdo de la pantalla disminuye para indicar al niño que ha bajado su rendimiento (Figura 16b). Cada nivel tiene un objetivo que el niño tiene que lograr para continuar con el siguiente nivel (i.e., atrapar un número predeterminado de moscas) –e.g., en el nivel 1, el niño tiene que atrapar 20 moscas. El número de moscas incrementa en cada nivel.

Analizando las características del diseño inicial del prototipo de baja fidelidad, se encontró que los ejercicios de integración visual-motriz definidos en los niveles de FroggyBobby1.0 son limitados, ya que están dirigidos principalmente a motivar a los niños a atrapar moscas. Los niños tienen que utilizar sus brazos para atrapar moscas (una a la vez), sin seguir un patrón específico de movimiento. Por esta razón, se decidió investigar con los especialistas clínicos si los niveles propuestos para practicar ejercicios de integración visual-motriz podrían ser utilizados por niños con problemas de motricidad, o bien, si era necesario definir ejercicios de integración visual-motriz más simples antes de que los niños atrapen objetos en movimiento en la pantalla. Estos cuestionamientos dieron pie a la segunda iteración de diseño.

3.2. Iteración II – Definición de los ejercicios de integración visual-motriz

Esta iteración de diseño está dirigida por la segunda pregunta de investigación de esta tesis (ver sección 1.2.1).

3.2.1. Colección de datos

Durante 2 meses, se utilizó FroggyBobby1.0 como base para definir los ejercicios de integración visual-motriz a incluir en cada nivel del mismo. Primero, se llevó a cabo una entrevista semi-estructurada (t = 39:47 min.) con un terapeuta físico para definir y seleccionar ejercicios de integración visual-motriz apropiados para apoyar el desarrollo motriz, así como sus características (e.g., duración y frecuencia) (Tabla 3, Iteración II). Posteriormente, en conjunto con un terapeuta físico, y expertos en IHC/Ubicomp, se llevó a cabo una sesión participativa de diseño (SD4, Tabla 5, Iteración I) para seleccionar los gestos de interacción en el aire (Pavlovic, Member, & Sharma, 1997) que pudieran ser utilizados como controladores para las opciones de menú del videojuego. La discusión durante la sesión participativa de diseño se centró en la viabilidad de los niños con problemas de motricidad para realizar cada gesto de interacción en el aire (e.g., ¿cuál gesto de interacción en el aire puede ser utilizado para iniciar o seleccionar opciones en el videojuego?). Además, dentro de esa misma sesión, se discutió el diseño de FroggyBobby1.0. Tanto el terapeuta físico, como los expertos en IHC/Ubicomp, estuvieron de acuerdo en preservar el diseño general del prototipo. Las siguientes cinco sesiones de diseño (SD5-SD9, Tabla 5, Iteración I) fueron dedicadas a rediseñar los ejercicios de integración visual-motriz que serían utilizados para controlar la lengua de la rana Bobby. En estas sesiones se discutieron diferentes técnicas para apoyar las habilidades motrices y la coordinación motriz (e.g., Bobath (Raine, 2006), técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva (Westwater-Wood, Adams, & Kerry, 2010)), con el objetivo de seleccionar la mejor opción para apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con problemas de motricidad. El terapeuta físico mostró diferentes opciones de ejercicios de integración visual-motriz, explicando los beneficios de cada una.

3.2.2. Resultados

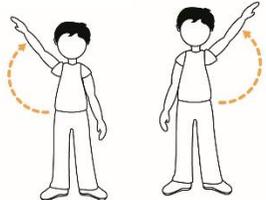
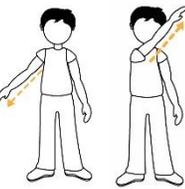
Los resultados de esta iteración incluyen una lista de ejercicios de integración visual-motriz (Tabla 7), así como un conjunto de gestos de interacción en el aire (Tabla 8). De acuerdo al terapeuta físico, estos ejercicios y gestos de interacción son apropiados para los niños con problemas de motricidad. De la entrevista semi-estructurada con el terapeuta físico se generó una lista preliminar de ejercicios de integración visual-motriz, la cual fue refinada con el mismo terapeuta durante las sesiones de diseño y sirvió como

base para diseñar los tres grupos de ejercicios de integración visual-motriz disponibles en el diseño final de FroggyBobby (Tabla 7).

3.2.2.1. Ejercicios de integración visual-motriz

Los ejercicios de integración visual-motriz están basados en la técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva, la cual es comúnmente utilizada en ambientes clínicos y atléticos para mejorar el rango de movimiento, optimizar el rendimiento motor, la integración visual-motriz y la rehabilitación motriz (Sharman, Cresswell, & Riek, 2006).

Tabla 7. Ejercicios de integración visual-motriz propuestos durante las sesiones participativas de diseño.

Ejercicios	Descripción	Ejemplo
Laterales Integración visual-motriz gruesa, fuerza y control de movimiento	Los niños mueven cada brazo deslizando de arriba hacia abajo, de una manera lateral. Este grupo de ejercicios apoya la fuerza del brazo y la flexibilidad del arco de movimiento, y puede impactar en la ejecución de diferentes actividades de la vida diaria (e.g., alcanzar un objeto y lavado de cabello).	
Cruzados Integración visual-motriz gruesa, fuerza y control de movimiento	Los niños mueven cada brazo de arriba hacia abajo, cruzando de la esquina superior hacia la esquina inferior contraria. Este grupo de ejercicios apoya las conexiones cerebrales y la coordinación corporal, e impacta en diferentes actividades motrices que requieren la ejecución de movimientos cruzados (e.g., recoger un objeto, amarrar agujetas).	
Finos Integración visual-motriz fina y viso espacialidad	Los niños mantienen cada brazo en una posición estable y llevan a cabo un ejercicio de integración visual-motriz fina (e.g., realizar un movimiento de agarre para simular agarrar un objeto). Este grupo de ejercicios mejora la coordinación fina, la orientación espacial y las dimensiones espaciales. Tiene un impacto en la precisión de los movimientos dirigidos a un objetivo, en la manipulación de diferentes objetos y en la ejecución de diferentes actividades de la vida diaria (e.g., vestirse).	

Se definieron tres conjuntos de ejercicios motrices como base para apoyar la integración visual-motriz; los primeros dos grupos de ejercicios involucran integración visual-motriz gruesa, y el último grupo, integración visual-motriz fina (Tabla 7).

3.2.2.2. Gestos en el aire como controladores del videojuego

Se seleccionó un conjunto de posibles gestos en el aire (Aigner et al., 2012; Pavlovic et al., 1997) a utilizarse como controladores de las opciones del videojuego (Tabla 8). Tanto el terapeuta físico como los expertos en HCI/Ubicomp consideraron estos gestos factibles de realizar por niños con problemas de motricidad. Sin embargo, resaltaron la importancia

de llevar a cabo una evaluación de estos controladores para investigar si son adecuados para los niños con problemas de motricidad y sus terapeutas.

Los gestos en el aire de sostener, agarrar y presionar (Tabla 8), han sido utilizados anteriormente en otros videojuegos basados en movimiento como mecanismos para controlar opciones de videojuegos (Walter, Bailly, & Muller, 2013). Utilizando este conocimiento, se combinaron estos gestos en el aire con un patrón de movimiento que se debe realizar para moverse a través de las opciones del videojuego (e.g., gesto de “sostener” + dibujar una “U” con el movimiento de la mano derecha extendida), en caso de que la opción seleccionada requiera una acción de confirmación.

Tabla 8. Gestos en el aire propuestos en las sesiones participativas de diseño.

Ejercicios	Descripción	Ejemplo
Sostener (i.e., Hold)	Los niños mantienen la palma de su mano extendida apuntando hacia un objetivo virtual en la pantalla para ejecutar una acción en el videojuego. El gesto de “sostener” puede ser combinado con otro gesto para ejecutar una acción en el videojuego (e.g., dibujar una “U” en el aire con la palma de la mano extendida para mostrar más opciones en el videojuego).	
Agarre (i.e., Grip)	Los niños agarran objetos virtuales en la pantalla con su mano extendida realizando un gesto de agarre (i.e., cerrando la mano) para mover los objetos de un lado a otro. El gesto de “agarre” puede ser combinado con otro gesto para ejecutar una acción en el videojuego (e.g., mover la mano cerrada realizando un movimiento en “U”).	
Presionar (i.e., Press)	Los niños mantienen la palma de su mano extendida hacia un objetivo virtual en la pantalla, después se realiza una acción de “pulsar” sobre el objetivo virtual en la pantalla (i.e., simulando que se está presionando algo, como por ejemplo un botón).	

3.2.2.3. Prototipo de baja fidelidad: FroggyBobby2.0

Con este conjunto de ejercicios de integración visual-motriz y de gestos en el aire, se rediseñaron los niveles de FroggyBobby1.0 para obtener FroggyBobby2.0. Se agruparon tres tipos de niveles para integrar cada conjunto de ejercicios. Los primeros tres niveles de FroggyBobby2.0 incluyen el primer conjunto de ejercicios de integración visual motriz gruesa (i.e., laterales). En el nivel 1, los niños practican los ejercicios de integración visual-motriz laterales con su brazo derecho, en el nivel 2 con el izquierdo, y finalmente en el nivel 3, alternan entre ambos brazos. De igual forma, los siguientes 3 niveles de FroggyBobby2.0 corresponden al segundo conjunto de ejercicios de integración visual-motriz gruesa (i.e., cruzados), y finalmente, los últimos tres niveles corresponden al tercer

conjunto de ejercicios (*i.e.*, integración visual-motriz fina y viso espacialidad). Cada nivel de FroggyBobby2.0 sigue el procedimiento de ensayo por bloques (bloque-ensayo) (Slocum, Miller, & Tiger, 2012), el cual solicita al niño, realizar un número predeterminado de repeticiones de cada ejercicio de integración visual-motriz. De esta forma, la duración del nivel está definida por el tiempo que tarda el niño en realizar el número de repeticiones requeridas por cada nivel del videojuego.

3.3. Iteración III – Especificación del diseño con expertos clínicos y especialistas en autismo

Con el objetivo de evaluar el diseño de FroggyBobby2.0 con especialistas clínicos, así como de personalizar el diseño a una población particular de niños con problemas de motricidad, se llevó a cabo una tercera iteración de diseño. Esta iteración se llevó a cabo para responder la primera pregunta de investigación (ver sección 1.2.1), donde el objetivo particular de esta tercera iteración es personalizar el diseño a una población específica de niños con problemas de motricidad: niños con autismo, tomando como base los resultados de la primera y segunda iteración.

3.3.1. Colección de datos

Durante dos semanas, se evaluó el diseño de FroggyBobby2.0 con especialistas clínicos en rehabilitación motriz, en el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR)³² en la ciudad de México. Se llevaron a cabo dos sesiones participativas de diseño (SD10, SD11, Tabla 5, Iteración III) (n=2, t =01:27:09 hrs., m = 00:43:34 hrs.) para obtener las opiniones de los especialistas clínicos acerca de las características del prototipo de baja funcionalidad FroggyBobby2.0, de los ejercicios de integración visual-motriz y de los gestos de interacción en el aire. El procedimiento para las sesiones participativas de diseño consistió en mostrar un video para ilustrar las características básicas y la funcionalidad de FroggyBobby2.0. Posteriormente, se explicaron los ejercicios de integración visual-motriz y los gestos de interacción en el aire. Enseguida, los especialistas proporcionaron retroalimentación acerca del diseño del prototipo y de los ejercicios, reflexionando acerca

³² <http://www.inr.gob.mx/>

de su experiencia utilizando videojuegos comerciales basados en movimiento durante intervenciones terapéuticas con niños con problemas de motricidad en el INR, así como en el uso de sistemas especializados disponibles en el instituto para medir diferentes parámetros de movimiento (e.g., parámetros de la marcha tales como cadencia y largo de paso).

Con el objetivo de incrementar el entendimiento de las prácticas actuales que los especialistas clínicos proporcionan a los niños con problemas de motricidad en INR, se llevaron a cabo 9 entrevistas semi-estructuradas (n = 9, t = 6:15:52 hrs., m = 00:23:30 min.); 7 con especialistas clínicos pertenecientes al área de rehabilitación pediátrica, y 2 con ingenieros biomédicos, pertenecientes al laboratorio de análisis de movimiento del instituto (Tabla 4, Iteración III). Adicionalmente, se llevó a cabo observación directa no participativa a las intervenciones terapéuticas para apoyar la integración visual-motriz, incluyendo terapias físicas, ocupacionales y cognitivas³³ (n=14, t = 06:00:00 hrs., tiempo promedio por terapia: 25:30 min.; mínimo=12:34 min., máximo=32:38 min.) (Tabla 4, Iteración III).

Con el objetivo de personalizar el diseño del prototipo a una población particular de niños con problemas de motricidad, se decidió llevar a cabo dos sesiones participativas de diseño (SD12, SD13, Tabla 5, Iteración III) (n=2, t =02:32:00 hrs., m = 01:16:00 hrs.) utilizando el enfoque de “proxi”³⁴, con tres psicoterapeutas, especializadas en el cuidado de niños con autismo en “Pasitos, A.C.”³⁵; una clínica-escuela, donde 15 psicoterapeutas atienden alrededor de 50 niños con autismo de media a baja funcionalidad. Se decidió utilizar el enfoque de “proxi”, debido a que la literatura de cómputo ubicuo (Keay-Bright, 2007) y la investigación conductual en autismo (Tang & McCorkle, 2002) han mostrado que los cuidadores primarios pueden ser utilizados como “proxis” para descubrir los intereses, preferencias y necesidades de los niños con autismo de baja funcionalidad. Este enfoque ha sido ampliamente utilizado durante el diseño de sistemas ubicuos (Kientz, Hayes, Westeyn, Starner, & Abowd, 2007). No se realizaron sesiones

³³ Todos los especialistas entrevistados, así como los pacientes que fueron observados durante las intervenciones terapéuticas (incluyendo padres de familia y niños con problemas de motricidad), brindaron su consentimiento explícito por escrito para participar en el estudio, y estuvieron de acuerdo en ser entrevistados y observados.

³⁴ Los niños con autismo que participaron en el estudio son de baja funcionalidad y no verbales, algunos de ellos solo pronuncian algunas palabras.

³⁵ <http://www.pasitos.org/>

participativas de diseño con niños con autismo, ya que nuestra población es mayormente no verbal y difícilmente siguen instrucciones.

Durante las sesiones de diseño se brindó una explicación del diseño de FroggyBobby2.0 utilizando un video con las características del prototipo de baja fidelidad a través de capturas de pantalla. Se crearon tarjetas laminadas para cada elemento disponible en FroggyBobby2.0, incluyendo los ejercicios de integración visual-motriz, los gestos de interacción en el aire, estímulos (e.g., sonidos) y animaciones (e.g., avatares de ranas, moscas, moscas con poderes) (Figura 17a). Posteriormente, las psicoterapeutas utilizaron estos materiales para definir los elementos de cada nivel de la nueva versión de FroggyBobby2.0 (Figura 17b). Las psicoterapeutas utilizaron marcadores de colores para complementar el diseño con nuevos elementos no disponibles en las tarjetas laminadas (e.g., una de las psicoterapeutas agregó instrucciones verbales no disponibles en los elementos predefinidos).

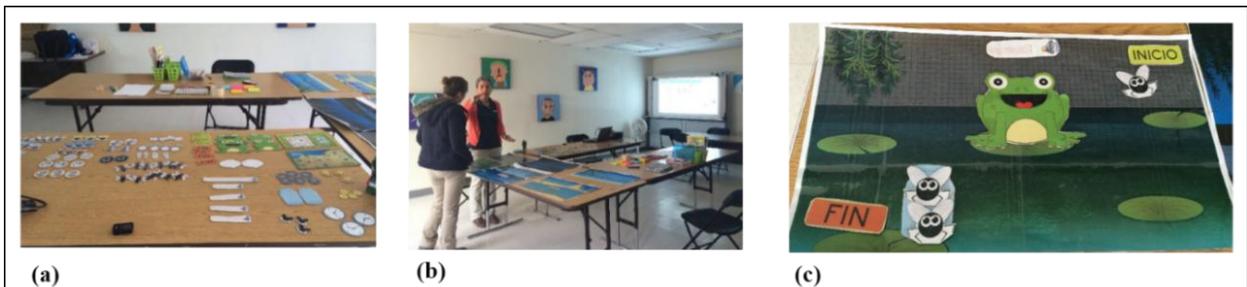


Figura 17. Una de las sesiones participativas de diseño en Pasitos. (a) Materiales que las psicoterapeutas utilizaron durante la sesión; (b) Psicoterapeutas interactuando durante la sesión; (c) ejemplo del diseño de un nivel del videojuego.

3.3.2. Resultados

Los resultados de esta iteración incluyen un conjunto de características de diseño³⁶ que se utilizaron para rediseñar FroggyBobby2.0, las cuales apoyan las necesidades particulares de los niños con autismo.

³⁶ Estas características de diseño toman como base a las características iniciales de diseño de la iteración I, las cuales se fueron refinando a través de las diferentes iteraciones de diseño.

3.3.2.1. Consideraciones referentes a FroggyBobby2.0

Diseño general de FroggyBobby2.0.

Todos los especialistas clínicos (incluyendo a los especialistas del INR y a las psicoterapeutas de Pasitos) estuvieron de acuerdo en utilizar el avatar de la rana para realizar los diferentes ejercicios de integración visual-motriz del videojuego. Todos mostraron agrado en utilizar un avatar que los niños pueden personalizar de acuerdo a sus intereses.

Ejercicios de integración visual-motriz y gestos de interacción en el aire

Todos los especialistas calificaron los ejercicios de integración visual-motriz como adecuados para los niños con problemas de motricidad y los consideraron adecuados para niños con autismo. Sin embargo, hicieron énfasis en que algunos niños pueden tener dificultades al realizar los gestos de interacción en el aire debido a sus problemas de coordinación motriz. En particular, las psicoterapeutas mostraron preocupación respecto a que la práctica de los gestos de interacción en el aire puede resultar en frustración y abandono del juego por parte de los niños con autismo. Por esta razón, los especialistas clínicos del INR y las psicoterapeutas de Pasitos propusieron que los terapeutas controlaran las opciones del videojuego con el ratón de la computadora, en lugar de utilizar los gestos de interacción en el aire. Además, debido al nivel de dificultad que presentan los gestos de interacción en el aire (Tabla 8) y el último grupo de ejercicios de integración visual-motriz (*i.e.*, integración visual-motriz fina y viso espacialidad, Tabla 7), sugirieron utilizarlos hasta los últimos niveles del videojuego, una vez que los niños hayan dominado los dos primeros grupos de ejercicios de integración visual-motriz (*i.e.*, integración visual-motriz gruesa, Tabla 7). Finalmente, los especialistas sugirieron que la navegación de las opciones del menú del videojuego debe estar destinada para uso exclusivo de los terapeutas, debido a que los problemas de atención que los niños con autismo de baja funcionalidad presentan, pueden limitar de forma significativa su capacidad para controlar las opciones del videojuego.

Modelo de interacción

Todos los especialistas clínicos recomendaron que el modelo de interacción del videojuego basado en movimiento debe ser natural para los niños, y debe imitar la terapia

tradicional de integración visual-motriz. Por esta razón, consideraron que el modelo de interacción más adecuado para los niños con problemas de motricidad, particularmente para los niños con autismo, es utilizar sólo el movimiento de sus extremidades (*i.e.*, en este caso, el movimiento de los brazos). Es decir, sin utilizar algún dispositivo físico que pueda resultar invasivo o difícil de controlar por los niños con autismo. Los problemas de frustración que los niños con autismo pueden presentar al no poder controlar el dispositivo físico, pueden resultar en un acto agresivo durante el juego o la terapia (*e.g.*, pueden lanzar o estrellar el dispositivo). Además, debido a los problemas de atención de los niños con autismo, el utilizar un dispositivo físico puede hacer que los niños desvíen su atención hacia dispositivo físico, en lugar de atender el objetivo visual-motriz en la pantalla del videojuego. Lo anterior puede dar como resultado que los niños no ejecuten correctamente los ejercicios de integración visual-motriz.

3.3.2.2. Características de diseño

Estímulos.

Los videojuegos comerciales basados en movimiento contienen múltiples estímulos que compiten por la atención de los niños y la mayoría de las veces, resulta en un abandono del juego por parte de los niños.

- Cada nivel del videojuego debe ser simple, comenzando con pocos estímulos (*e.g.*, estímulos visuales y auditivos), los cuales pueden incrementar a través de los niveles siguientes, y solo después de que los niños hayan dominado los ejercicios de integración visual-motriz de cada nivel del videojuego.

Duración del nivel

Debido a que los videojuegos comerciales basados en movimiento no están diseñados para propósitos terapéuticos, los niños con problemas de motricidad perciben que la duración de los niveles de los videojuegos comerciales es muy larga o no tiene pausas apropiadas en cada nivel. Esto puede impactar en el interés de los niños en el videojuego, y dar como resultado el aburrimiento y el abandono del juego.

- La duración de cada nivel del videojuego debe ser corta para prevenir que los niños se aburran, y cada nivel debe brindar pausas cuando sea apropiado. Los niveles deben ser diseñados en términos de repeticiones, en contraste con los

videojuegos comerciales basados en movimiento diseñados para trabajar por un periodo pre-determinado de tiempo. De acuerdo a los especialistas clínicos, 10 repeticiones son adecuadas para cada tipo de ejercicio de integración visual-motriz. El número de repeticiones puede variar dependiendo de los déficits motrices de cada niño.

Configuración y rastreo corporal

Los videojuegos comerciales basados en movimiento requieren de configuración compleja, particularmente cuando hay un cambio de jugador, debido a que demandan calibración y configuración cada vez que un nuevo jugador comienza a utilizar el videojuego. En estos casos, los niños, que están motivados por jugar los videojuegos comerciales basados en movimiento, se sienten desesperados cuando los terapeutas están configurando el videojuego. Además, algunas veces el sensor de rastreo de los videojuegos comerciales falla cuando está rastreando el cuerpo de los niños, dando como resultado que los niños se frustren debido a que no pueden jugar con el videojuego.

- El videojuego basado en movimiento debe ser fácil de configurar, no debe tener dificultades al rastrear el cuerpo de los niños y debe permitir un cambio sencillo de jugador, sin necesidad de configuración adicional.

Orientado por objetivos

Los videojuegos basados en movimiento en apoyo a los niños con problemas de motricidad deben tomar en consideración la edad del desarrollo de los niños en lugar de la edad cronológica. Por ejemplo, el videojuego puede tener niveles para apoyar diferentes aspectos del desarrollo motriz (e.g., niveles para apoyar el equilibrio o las dimensiones espaciales).

- De esta forma, el videojuego basado en movimiento debe apoyar a un rango amplio de niños con problemas de motricidad, aquellos que presentan características en común (e.g., necesitan mejorar sus dimensiones espaciales o diferentes aspectos de la coordinación motriz).

Integración corporal

Es importante promover la integración corporal para ayudar a los niños con problemas de motricidad a estructurar su esquema corporal, a aumentar su conciencia corporal y a motivarlos a utilizar las diferentes partes del cuerpo al practicar ejercicios de integración visual-motriz. Por ejemplo, si los niños están usando los brazos para practicar ejercicios de integración visual-motriz, los niños deben practicar los ejercicios utilizando tanto su brazo derecho, como su brazo izquierdo.

- El videojuego basado en movimiento en apoyo a niños con problemas de motricidad debe asegurarse de que los niños utilicen la parte del cuerpo requerida por cada nivel del videojuego (e.g. limitar la funcionalidad al no rastrear el brazo izquierdo de los niños, cuando el nivel del videojuego solicita utilizar el brazo derecho para practicar los ejercicios de integración visual-motriz).

Incitación/retroalimentación

Las instrucciones del videojuego basado en movimiento deben ser lo más claras posibles para facilitar que los niños con problemas de motricidad, en particular los niños con autismo, comprendan el objetivo de la tarea motriz requerida. Además, debe proporcionar modelamiento e incitación múltiple (e.g. visual, auditiva) para realizar los ejercicios de integración visual-motriz.

- El videojuego basado en movimiento debe mostrar claramente el objetivo a alcanzar en la pantalla (e.g., visual) para indicar a los niños dónde inicia y dónde termina cada ejercicio de integración visual-motriz.

Como resultado de las sesiones de diseño, se obtuvieron diferentes bocetos de diseño y conceptos para el rediseño de los niveles de FroggyBobby2.0 (Figura 17c). Después de revisar estos bocetos y en conjunto con los resultados del estudio, se optó por diseñar y desarrollar FroggyBobby3.0, tomando en cuenta las características de diseño anteriormente mencionadas. Las características de FroggyBobby3.0 así como su implementación se describen en el siguiente capítulo.

3.4. Resumen

En este capítulo se presenta el proceso de diseño centrado en el usuario utilizado para el diseño del videojuego propuesto. El proceso consistió en tres iteraciones de diseño.

La primera iteración consistió en un estudio contextual realizado en un centro público de rehabilitación en la ciudad de Ensenada, B.C., México, con el objetivo de entender los problemas que los niños con problemas de motricidad enfrentan durante las intervenciones terapéuticas motrices, así como los problemas que enfrentan al utilizar videojuegos comerciales basados en movimiento. La segunda iteración se realizó con el objetivo de definir los ejercicios de integración visual-motriz a ser incluidos en el videojuego. La tercera iteración consistió en la especificación del diseño con expertos clínicos y especialistas del cuidado de niños con autismo. Para cada iteración, se presentaron los métodos utilizados para la colección de datos, el proceso de análisis de datos, y los resultados obtenidos.

Este capítulo mostró que un videojuego basado en movimiento debe mantener un equilibrio entre la atención y la frustración de los niños, por medio de mecanismos tales como: proporcionar una historia de fondo, brindar instrucciones claras y cortas, brindar retroalimentación auditiva y visual, y proporcionar pocos incentivos e incrementarlos al pasar a niveles avanzados. Además, el videojuego debe imitar los ejercicios de la terapia, debe adaptarse a las capacidades motrices de los niños, el rastreo corporal debe ser sencillo, debe estar orientado por objetivos, debe promover la integración corporal y la duración del nivel/juego debe estar definido en términos de repeticiones de ejercicios, no del tiempo. Adicionalmente, se identificó que el modelo de interacción está formado por los ejercicios de integración visual-motriz de miembros superiores, sin utilizar ningún dispositivo físico adicional, solo el movimiento de los brazos.

Finalmente, en cada iteración se presentan un prototipo de baja fidelidad, resultado del diseño basado en escenarios, donde se ejemplifica las consideraciones de diseño y el modelo de interacción propuesto, y cómo evoluciona a través de las tres iteraciones.

Capítulo 4. FroggyBobby3.0: características e implementación

En este capítulo se presentan las características del prototipo de alta funcionalidad, FroggyBobby3.0, resultado de las tres iteraciones de diseño descritos en el capítulo 3, así como los detalles de su implementación.

Este capítulo se estructura de la siguiente manera. Primero, se presenta la mecánica FroggyBobby3.0 y sus características. Posteriormente, se describe la arquitectura del videojuego, tanto física como lógica. Finalmente, se describe la estructura dinámica de FroggyBobby3.0, ejemplificando la comunicación entre sus componentes de software.

4.1. Mecánica y características de FroggyBobby3.0

FroggyBobby3.0 es un videojuego serio basado en movimiento que apoya las terapias de integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo con problemas de motricidad.

Para utilizar FroggyBobby3.0, los niños con autismo tienen que mover su brazo (ya sea izquierdo o derecho según el nivel del videojuego) de forma coordinada para alcanzar un botón de inicio (Figura 18a), localizado en la parte superior de la pantalla y llevarlo hasta un botón de fin (Figura 18b), localizado en la parte inferior de la pantalla, mientras atrapan moscas que aparecen en el trayecto entre los dos botones.

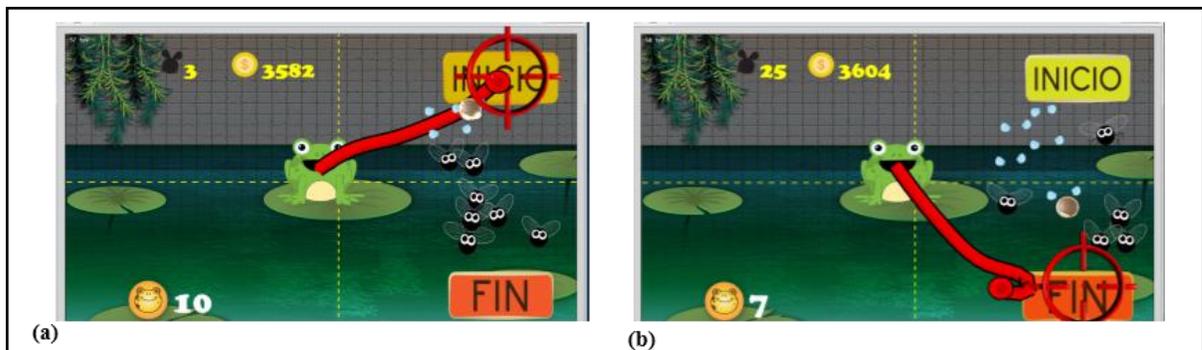


Figura 18: Primer nivel de FroggyBobby3.0: (a) El jugador mueve su brazo derecho para alcanzar el botón de inicio (área superior de la pantalla) y la rana Bobby extiende su lengua para alcanzar el botón de inicio; (b) El jugador mueve su brazo derecho del botón de inicio hacia el botón de fin (área inferior de la pantalla) y atrapa las moscas disponibles en medio de los dos botones.

Para introducir a los niños con autismo, en la dinámica de FroggyBobby3.0, primero se presenta la historia del juego por medio de un video corto. La historia del juego consiste en que la rana “Bobby” debe ayudar a sus amigas ranas a conseguir comida (i.e., moscas), ya que se encuentran hambrientas. Para conseguir comida, la rana “Bobby” debe atrapar moscas en diferentes lugares (e.g., en el bosque, desierto, playa) (Figura 17a). Los niños³⁷ tienen que realizar diferentes ejercicios de integración visual-motriz gruesa para controlar la lengua de la rana “Bobby” y así atrapar moscas.

Posteriormente, y con ayuda de la terapeuta, cada niño debe de crear su avatar (cuando juegan por primera vez) (Figura 19a). Para crear el avatar, los niños deben elegir el color de la rana que prefieran (Figura 19b), así como un nombre predefinido para la misma (e.g., Galletita) (Figura 19c). El avatar define el perfil de usuario de cada niño, de tal manera que cuando los niños regresan a jugar FroggyBobby3.0, seleccionan su avatar previamente creado (Figura 17b). El perfil de usuario contiene el nombre y el color del avatar del niño, los niveles que ha jugado, el nivel actual, el número de monedas obtenidas a través de todos los niveles, la fecha y duración de cada nivel que ha jugado.



Figura 19. Pantalla para ilustrar cómo crear un nuevo jugador en FroggyBobby3.0. (a) Seleccionar el botón “nuevo jugador”; (b) Seleccionar el color del avatar; (c) Seleccionar el nombre del avatar.

Una vez creado el avatar, la terapeuta se dirige al menú principal para seleccionar la opción de “mapa” (Figura 17c), donde se encuentran los niveles disponibles del juego, y donde se muestra el avance de cada niño; es decir, los niveles que ha jugado y los que faltan por jugar ” (Figura 17d). Al inicio, todos los niveles en el mapa se encuentran “bloqueados” y están representados con un punto rojo en el mapa. Una vez que el nivel haya sido satisfactoriamente completado, el punto rojo cambia a amarillo y se puede avanzar al siguiente nivel (Figura 17d).

³⁷ Por simplicidad de la lectura, a partir de aquí se hace referencia a los niños con autismo a los que está dirigido FroggyBobby3.0, solamente como niños.

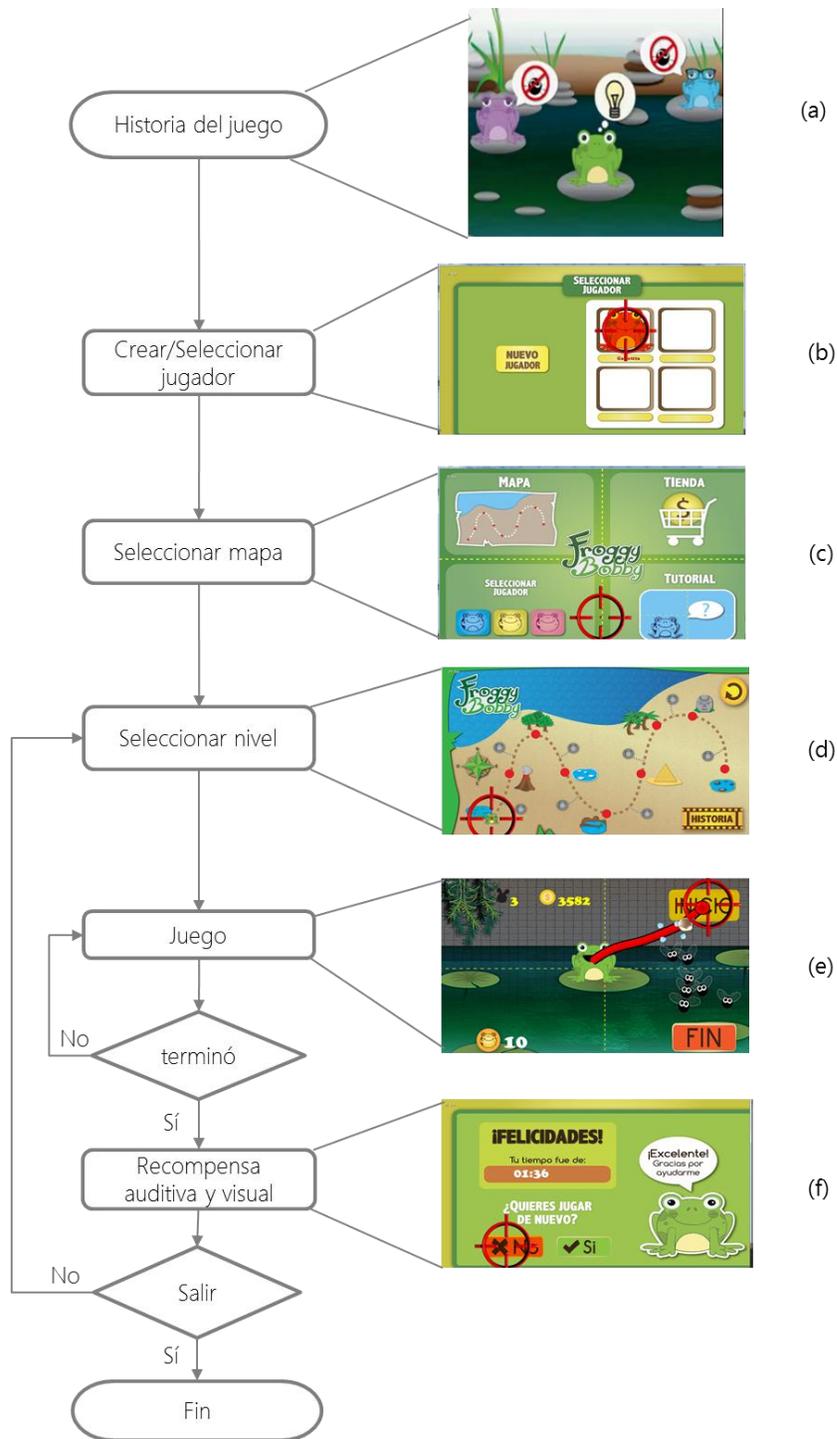


Figura 20. Diagrama de flujo de FroggyBobby3.0.

Posteriormente, la terapeuta selecciona el nivel a jugar (Figura 17d). Para jugar FroggyBobby3.0, los niños deben controlar la lengua de una rana con sus brazos mientras practican diferentes ejercicios de integración visual-motriz gruesa con cada brazo. La dinámica básica de FroggyBobby3.0 demanda a los niños mover su brazo

izquierdo o derecho de arriba hacia abajo, de forma lateral o cruzada (ejercicios laterales y cruzados, Tabla 7). El niño tiene que completar un número determinado de repeticiones (Figura 20e).

Después de jugar cada nivel, los niños reciben un incentivo (e.g., mensaje visual y auditivo) (Figura 20f). La terapeuta decide cuántas veces el niño debe jugar cada nivel o si es momento de jugar el siguiente nivel.

4.2.2. Niveles

FroggyBobby3.0 tiene seis diferentes niveles agrupados de acuerdo a los ejercicios de integración visual-motriz definidos durante la segunda iteración (Tabla 9). Los primeros tres niveles (1-3) demandan a los niños a practicar ejercicios laterales (Tabla 7), donde el nivel 1 demanda el uso del brazo derecho, el nivel 2 el uso del brazo izquierdo, y el nivel 3, el uso alternado de ambos brazos. Los últimos tres niveles (4-6) promueven la práctica de ejercicios cruzados (Tabla 7), y siguen la misma dinámica que los ejercicios laterales (brazo derecho, brazo izquierdo, alternados). FroggyBobby3.0 monitorea el brazo que los niños están utilizando en un momento en particular, y limita su funcionalidad de acuerdo a la dinámica de cada nivel. Además, cada nivel de FroggyBobby3.0 sigue el procedimiento de ensayo por bloques (Slocum et al., 2012), donde en cada nivel, el niño tiene que realizar 10 repeticiones de cada ejercicio de integración visual-motriz.

Tabla 9. Descripción de los niveles de FroggyBobby3.0.

Nivel	Descripción gráfica	Brazo	Ejercicio de integración visual-motriz	Descripción textual
1		Derecho	Laterales	Llevar el brazo derecho desde el botón inicio, (parte superior derecha de la pantalla), hacia el botón fin (parte inferior derecha de la pantalla). Atrapar las moscas disponibles entre ambos botones. 10 repeticiones de ejercicios.
2		Izquierdo	Laterales	Llevar el brazo izquierdo desde el botón inicio (parte superior izquierda de la pantalla), hacia el botón fin (parte inferior izquierda de la pantalla). Atrapar las moscas disponibles entre ambos botones. 10 repeticiones de ejercicios.
3		Ambos (alternados)	Laterales	Alternar ambos brazos. Primero, llevar el brazo derecho de arriba-abajo, alcanzando los botones de inicio-fin de la parte derecha de la pantalla. Después, los botones desaparecen y aparecen en la parte izquierda de la pantalla. Mover el brazo izquierdo de arriba-abajo, alcanzando los botones de inicio y fin, en la parte izquierda de la pantalla. Esta dinámica se repite hasta realizar 10 repeticiones de los ejercicios con cada brazo.
4		Derecho	Cruzados	Llevar el brazo derecho desde el botón inicio (parte superior derecha de la pantalla), hacia el botón fin (parte inferior izquierda de la pantalla). 10 repeticiones de ejercicios.
5		Izquierdo	Cruzados	Llevar el brazo izquierdo desde el botón inicio (parte superior izquierda de la pantalla), hacia el botón fin (parte inferior derecha de la pantalla). 10 repeticiones de ejercicios.
6		Ambos (alternados)	Cruzados	Alternar ambos brazos. Primero, llevar el brazo derecho desde el botón inicio (parte superior derecha de la pantalla), hacia el botón fin (parte inferior izquierda de la pantalla). Después, llevar el brazo izquierdo desde el botón inicio (parte superior izquierda de la pantalla), hacia el botón fin (parte inferior derecha de la pantalla).

4.2.3. Animaciones y estímulos

En cada nivel de FroggyBobby3.0, un grupo de moscas vuela entre el espacio de los botones de inicio y fin. Para prevenir que las moscas vuelen fuera de este espacio, se limitó el área de vuelo de las moscas. Además, el número máximo de moscas que puede haber en la pantalla es 10, con el objetivo de no sobrecargar el juego con múltiples estímulos. Si la rana atrapa algunas moscas, nuevas moscas aparecen en la pantalla y FroggyBobby3.0 emite un sonido para informar a los niños que han aparecido nuevas moscas. También se emite un sonido cada vez que la rana come una mosca.

Con el objetivo de mantener el diseño simple y sin sobrecarga de estímulos, todas las moscas en la pantalla son moscas “normales”, dejando las moscas con poderes y los mosquitos malos, diseñados en la primera iteración, para niveles subsecuentes del videojuego.

Cada vez que los niños mueven sus brazos para alcanzar un botón (i.e., inicio o fin), cuando la palma de la mano pasa sobre el área del botón, el botón incrementa su tamaño, dando la impresión que el botón ha sido presionado. Este tipo de estímulo visual puede ayudar a los niños a realizar los ejercicios de forma correcta. Con el objetivo de diseñar los niveles del videojuego atractivos para los niños, cada nivel tiene un escenario de fondo diferente (e.g., bosque, desierto, Tabla 9). Además, al final de cada nivel, FroggyBobby3.0 muestra una pantalla con el tiempo de duración del nivel, y con el avatar de la rana expresando: “*Gracias por ayudarme a atrapar moscas*” y se reproduce una recompensa auditiva verbal de “*Buen trabajo*” (Figura 20f). Cada nivel tiene una pista de música de fondo que se reproduce en un tono bajo.

4.2.5. Escenario de uso de FroggyBobby3.0

Para ejemplificar cómo se utiliza FroggyBobby3.0 en la práctica, se presenta el siguiente escenario:

Mateo es un niño con autismo de 7 años que tiene problemas de integración visual-motriz gruesa. Mientras Mateo juega con FroggyBobby3.0, la terapeuta Emilia le indica los movimientos que tiene que realizar diciéndole: “Mateo, levanta tu brazo derecho para alcanzar el botón de inicio”. Mateo mira la pantalla del juego pero no mueve su brazo. Emilia toma el brazo de Mateo y lo ayuda físicamente a alcanzar el botón de inicio. Mateo se da cuenta que su brazo derecho está moviendo el cursor en la pantalla. Cuando Mateo alcanza el botón de inicio, el botón incrementa su tamaño y emite un sonido. La rana de Mateo mueve su lengua en dirección del botón de inicio. Mateo sonríe. Posteriormente, Emilia indica a Mateo: “Mateo, ahora mueve tu brazo derecho hacia el botón de fin”. Mateo desliza su brazo derecho hacia el botón de fin, atrapando las moscas que se encuentran en la trayectoria entre ambos botones. Cuando Mateo alcanza el botón de fin, la lengua de la rana Bobby regresa a su boca y mastica las moscas atrapadas. Emilia felicita a Mateo diciendo “¡Muy bien, Mateo!”. A continuación, Mateo intenta utilizar su brazo izquierdo para jugar, pero se da cuenta que el cursor de la pantalla no se mueve. Emilia le dice a Mateo: “Mateo, recuerda que debes usar solo el brazo derecho”. Cuando Mateo termina las 10 repeticiones de los ejercicios con su brazo derecho, FroggyBobby3.0 muestra una pantalla, felicitando a Mateo, expresando “¡Buen trabajo!” Mateo sonríe.

4.3. Implementación de FroggyBobby3.0

La implementación de FroggyBobby3.0 se realizó en cuatro etapas principales (Figura 21).



Figura 21. Metodología para el diseño e implementación de FroggyBobby3.0.

Durante las etapas de análisis y diseño, se analizaron los requerimientos de cada elemento del juego a desarrollar (e.g., utilizando diagramas de modelado como diagramas de arquitectura y de clases). Durante la etapa de desarrollo, se creó la estructura del videojuego, es decir, las clases, pantallas y se agregó el contenido multimedia necesario (e.g., sonidos, imágenes). Una vez finalizada la etapa de desarrollo, se realizaron pruebas de funcionalidad de cada elemento del videojuego en el laboratorio.

4.3.1. Arquitectura física

La arquitectura física de FroggyBobby3.0 está formada por un sensor Kinect, una computadora, un proyector y un dispositivo de audio (Figura 22). El sensor Kinect³⁸ se utiliza para rastrear los movimientos de los jugadores, es decir, para reconocer los ejercicios de integración visual-motriz gruesa (Figura 22a). El sensor Kinect permite a los jugadores controlar e interactuar con FroggyBobby3.0 sin necesidad de tener contacto físico con un controlador de videojuegos tradicional, y mediante una interfaz natural de usuario que reconoce gestos, comandos de voz, y objetos e imágenes.

La computadora recibe los datos rastreados por el sensor Kinect y es la responsable de la mecánica y despliegue del videojuego (Figura 22b). Para gestionar los datos rastreados por el sensor Kinect, se utiliza el SDK³⁹ (*Software Development Kit*, por sus siglas en inglés) de Kinect –una librería que facilita diferentes funciones que permiten interactuar con el sensor Kinect. El SDK proporciona la información sobre las posiciones

³⁸ <http://www.xbox.com/es-MX/Kinect>

³⁹ <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40278>

de las articulaciones del esqueleto del jugador, rastreado por el Kinect, y los datos de imagen (profundidad y color). De esta forma, la posición de los brazos y manos del jugador son enviados al componente *Game*, el cual contiene todos los niveles y componentes del videojuego, programados en el lenguaje C#⁴⁰. Se utilizó este lenguaje para mantener compatibilidad con la gestión de los datos obtenidos mediante el sensor Kinect y el SDK. Además, el componente *Game* es el encargado de ejecutar la mecánica del videojuego. Para el despliegue de la imagen de salida del videojuego se utiliza un proyector. Para los efectos de sonido, se utiliza un reproductor de audio (Figura 22c).

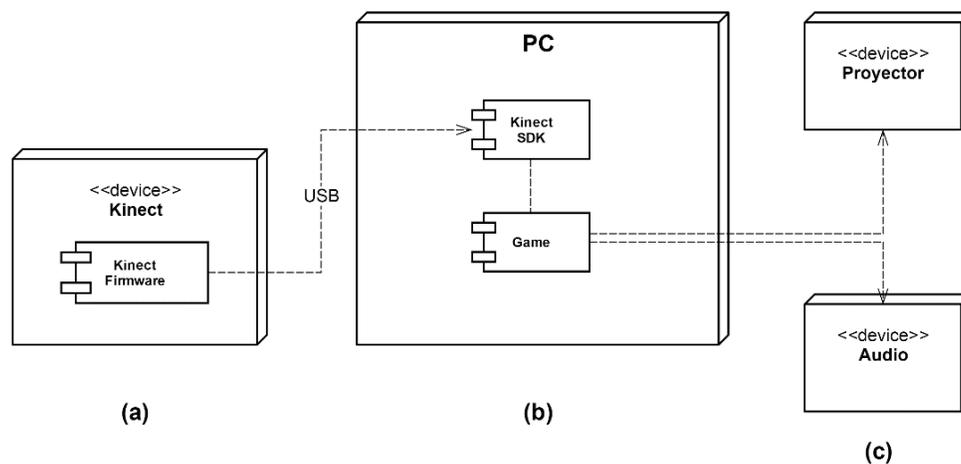


Figura 22. Diagrama de emplazamiento de FroggyBobby3.0, mostrando los componentes de software y la instalación de hardware del sistema. (a) Entrada del sistema con el sensor Kinect; (b) Procesamiento de entrada y salida del juego mediante una PC; (c) salida del juego a un proyector y dispositivo de audio.

4.3.2. Configuración física

Físicamente, el sensor Kinect se coloca debajo de la proyección donde se despliega el videojuego, a 58 cm del piso. El proyector se coloca frente al sensor Kinect, aproximadamente a unos 3.65 m de distancia (profundidad), y a una altura tal que los jugadores no interfieran con la proyección (2 m aproximadamente). La computadora que ejecuta el juego, debe colocarse de preferencia, en un lugar donde quede fuera del alcance de los niños.

⁴⁰ C#: es un lenguaje de programación orientado a objetos, desarrollado y estandarizado por Microsoft, diseñado para crear un amplio número de aplicaciones empresariales que se ejecutan en la plataforma .NET.

4.3.3. Arquitectura lógica

El diagrama de la arquitectura lógica del videojuego está compuesto por tres capas: la capa de presentación o interfaz de usuario, la capa de lógica del juego y la capa de datos (Figura 23). Cada una de las capas se describe a continuación.

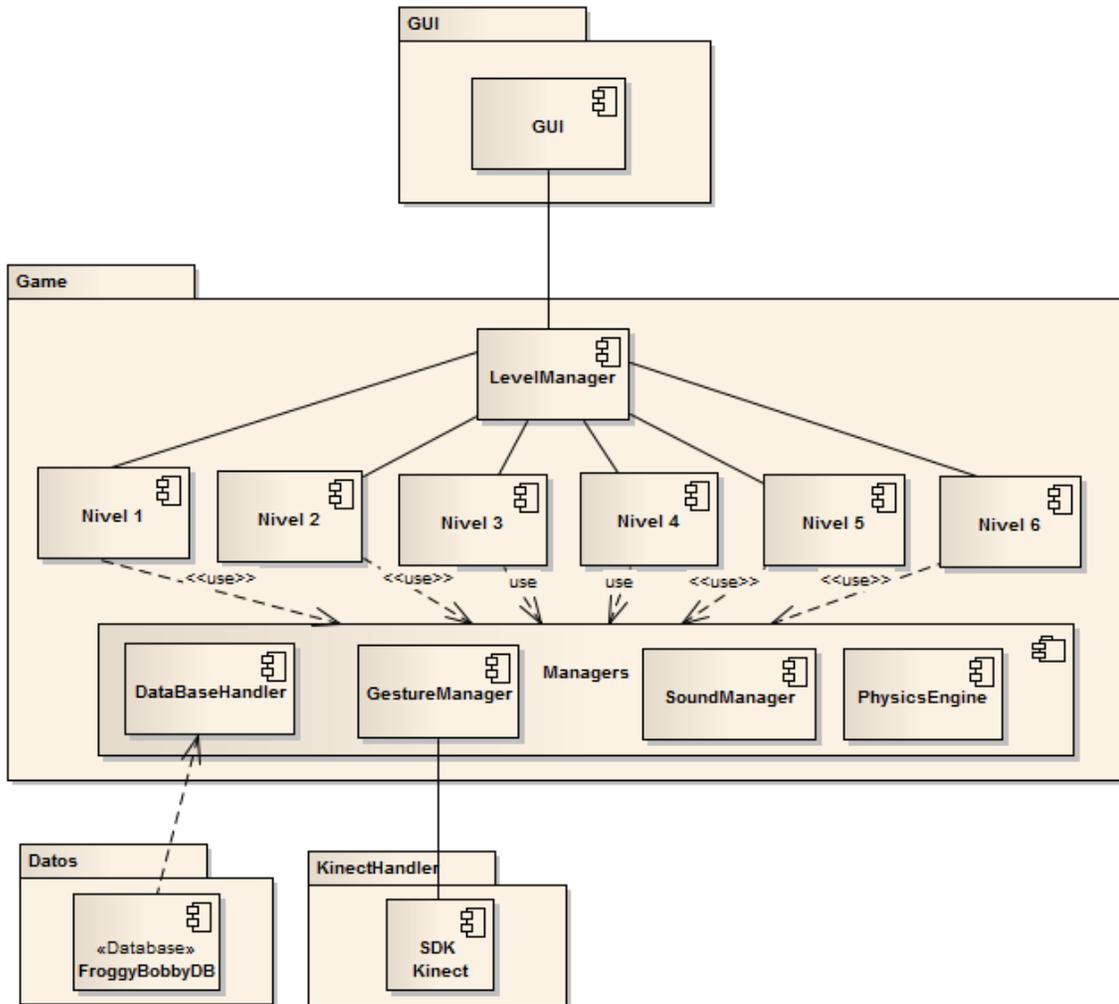


Figura 23. Arquitectura lógica de FroggyBobby3.0.

La capa de presentación o interfaz de usuario está compuesta por el componente de la interfaz gráfica GUI (por sus siglas en inglés, *Graphic User Interface*). El componente GUI consiste en una ventana principal implementada en C# utilizando el marco de trabajo Microsoft XNA⁴¹. Este marco de trabajo permite a los desarrolladores crear videojuegos

⁴¹ <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=23714>

para Windows basados en PC y en consolas de Xbox 360⁴², proporcionando clases para la creación de múltiples ventanas, manejo de eventos, entre otros controles para la interfaz de usuario (e.g., botones, cuadros de textos).

La capa lógica contiene los componentes de los seis niveles del videojuego y aquellos componentes que hacen posible que se cargue el nivel en la ventana principal (Manejadores: *LevelManager*, *GestureManager*, *SoundManager*, entre otros). *LevelManager* es el encargado de coordinar los elementos de cada nivel del videojuego. Cuando el jugador selecciona un nivel en particular, este componente es el responsable de cargar los datos del nivel, incluyendo los recursos gráficos, las reglas que rigen la dinámica del juego, y los mecanismos de recompensa. El componente *GestureManager* organiza y clasifica los datos proporcionados por el SDK de Kinect, y hace posible que los objetos dentro del juego se puedan controlar con gestos o posiciones específicas (i.e., movimiento de los brazos). Además, es el responsable de habilitar o deshabilitar el uso de determinado brazo (e.g., habilitar únicamente el brazo derecho para el nivel 1 del videojuego). Cada nivel del videojuego hereda de una clase padre llamada “*Level*”, la cual contiene: el número de repeticiones a realizar, brazo a utilizar, escenario de fondo, entre otros (Figura 24). Además, cada nivel utiliza la clase *SoundManager*, *PhysicsEngine* y *DatabaseHandler*. La clase *SoundManager* es responsable de reproducir los efectos de sonido y música de fondo del videojuego (e.g., cuando los niños atrapan moscas y obtienen monedas, el videojuego reproduce un efecto de sonido). La clase *PhysicsEngine* utiliza la librería de *Farseer Physics Engine 3.5*⁴³ para producir las animaciones disponibles en el videojuego, tales como las colisiones entre la lengua del avatar y las moscas, así como el movimiento de las moscas al volar. La clase *DatabaseHandler* es la encargada de realizar la conexión con la base de datos, la cual se encuentra en la capa de datos.

⁴² <http://www.xbox.com/>

⁴³ <http://farseerphysics.codeplex.com/>

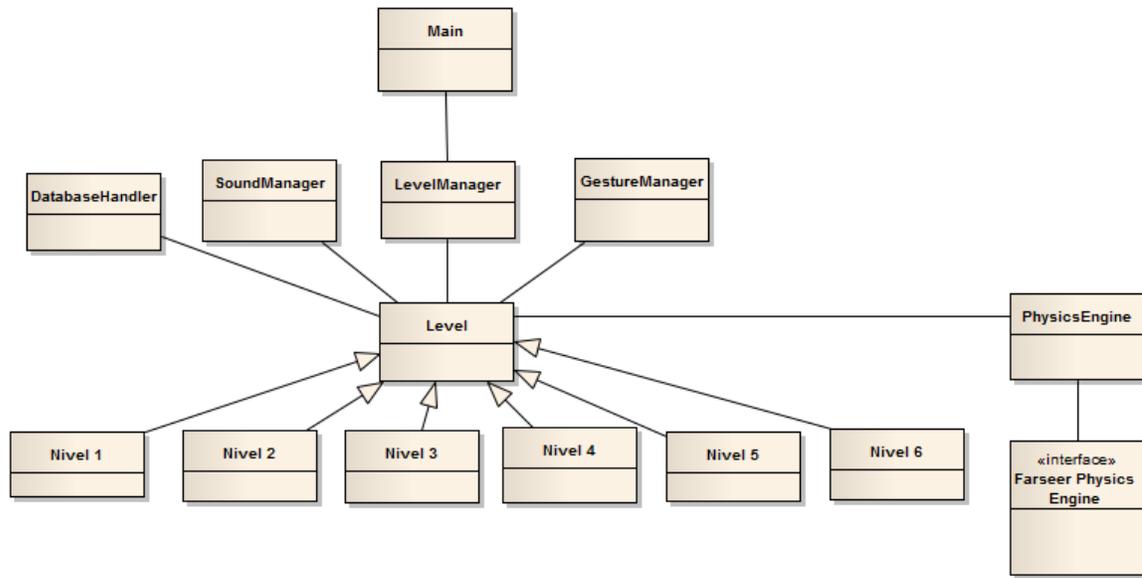


Figura 24. Diagrama de clases de la capa lógica de FroggyBobby3.0.

Por último, la capa de datos contiene el componente que hace posible la conexión a la base de datos y la comunicación para poder consultar y guardar información.

4.3.4. Estructura dinámica

La estructura dinámica se utiliza para expresar y modelar el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo (Fowler & Scott, 1999). Para ejemplificar esto, se utilizó el diagrama de secuencia. El diagrama de secuencia muestra a un actor y los objetos con los que interactúa durante la ejecución de un caso de uso. Enseguida se describe el caso de uso de “jugar nivel” y se muestra la funcionalidad de este caso de uso a través de un diagrama de secuencia (Figura 25 y Figura 26).

Jugar nivel: El jugador inicia un juego nuevo al seleccionar la opción en la interfaz gráfica (GUI), enseguida el controlador (*GameController*) recibe su petición y envía la petición de consulta de todos los jugadores⁴⁴ registrados al modelo (DB). El modelo realiza la consulta y regresa la lista de todos los jugadores. El controlador actualiza la vista y despliega la lista de todos los jugadores (Figura 25).

⁴⁴ Para fines de modelado, en este caso de uso, se supone que el jugador ya está registrado en el videojuego, es decir, no es la primera vez que lo utiliza.

Una vez que el usuario⁴⁵ selecciona el jugador, se envía la petición al controlador. El controlador reenvía la petición al modelo. El modelo regresa los datos del jugador seleccionado, y el controlador recibe y actualiza la información en la vista del menú principal.

Una vez que el jugador selecciona la opción “mapa”, el controlador envía a la vista los datos e imágenes de los niveles por medio del mapa de niveles.

Cuando el jugador selecciona el nivel a jugar en el mapa, la vista envía la selección al controlador. El controlador regresa el nivel seleccionado y lo carga en la vista (Figura 25).

El jugador comienza a realizar las repeticiones de los ejercicios de integración visual-motriz gruesa para jugar el nivel seleccionado. Cuando el jugador realiza una repetición del ejercicio motriz, el controlador verifica si la repetición es correcta (i.e., si alcanzó satisfactoriamente los botones de inicio y fin). Si es así, el controlador envía un incentivo auditivo y la vista muestra las animaciones correspondientes (Figura 26).

Cuando el jugador termina las repeticiones requeridas por el nivel, el controlador envía una petición al modelo para actualizar el historial del jugador. El modelo recibe y actualiza los datos con la cantidad de monedas obtenidas, el tiempo para completar el nivel, el número de nivel jugado y la fecha. Al terminar el nivel, el controlador envía a la vista un incentivo auditivo (e.g., “muy bien”). Para finalizar, el controlador envía la petición de actualizar la vista, y muestra el mapa para que el jugador continúe con el siguiente nivel, repita el mismo nivel, o salga del juego (Figura 26).

⁴⁵ Para fines de modelado, se hace referencia a un solo tipo de usuario. Sin embargo, cabe señalar que puede ser la terapeuta la encargada de seleccionar el jugador y el nivel a jugar.

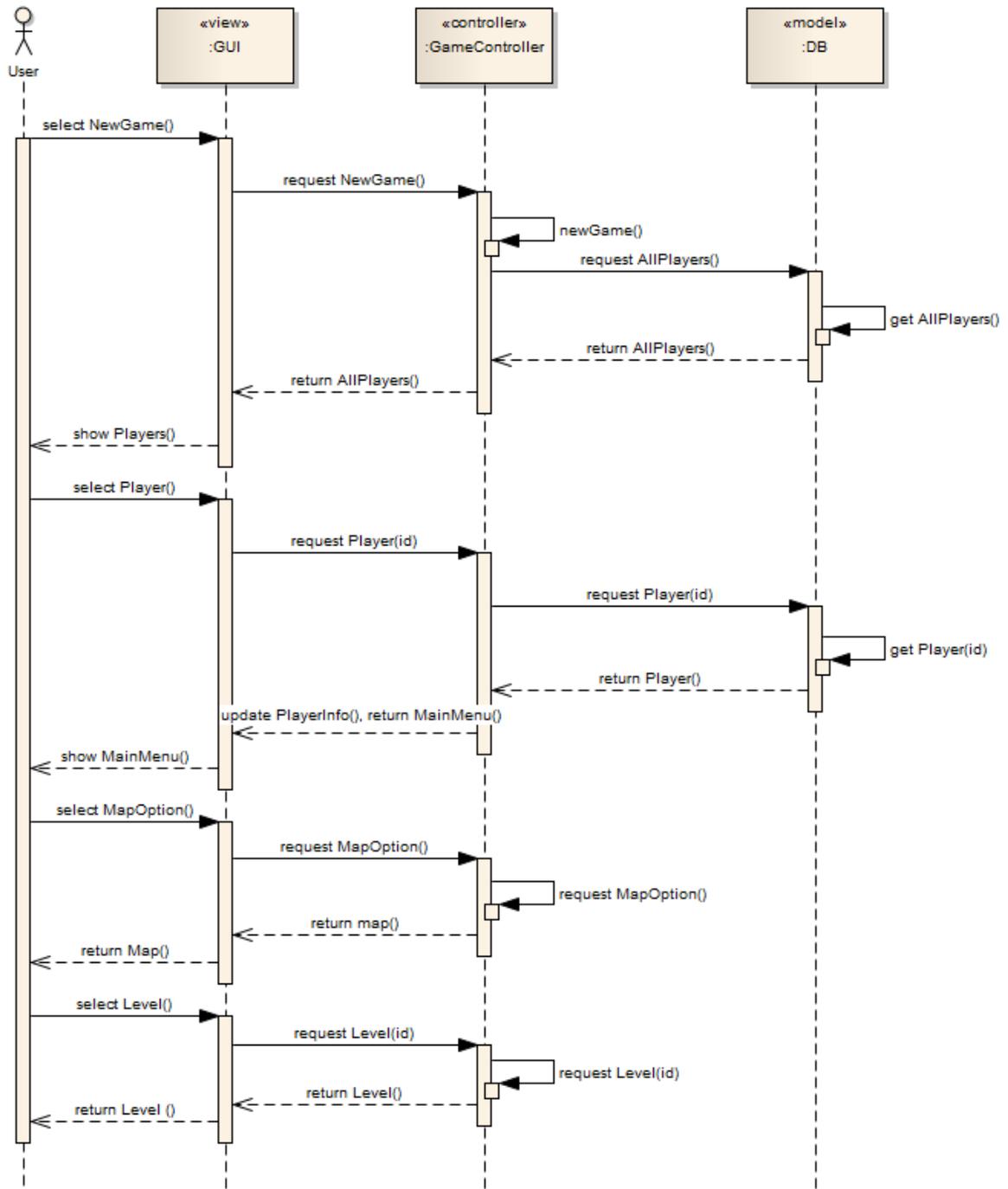


Figura 25. Diagrama de secuencia del caso de uso jugar nivel (Parte 1).

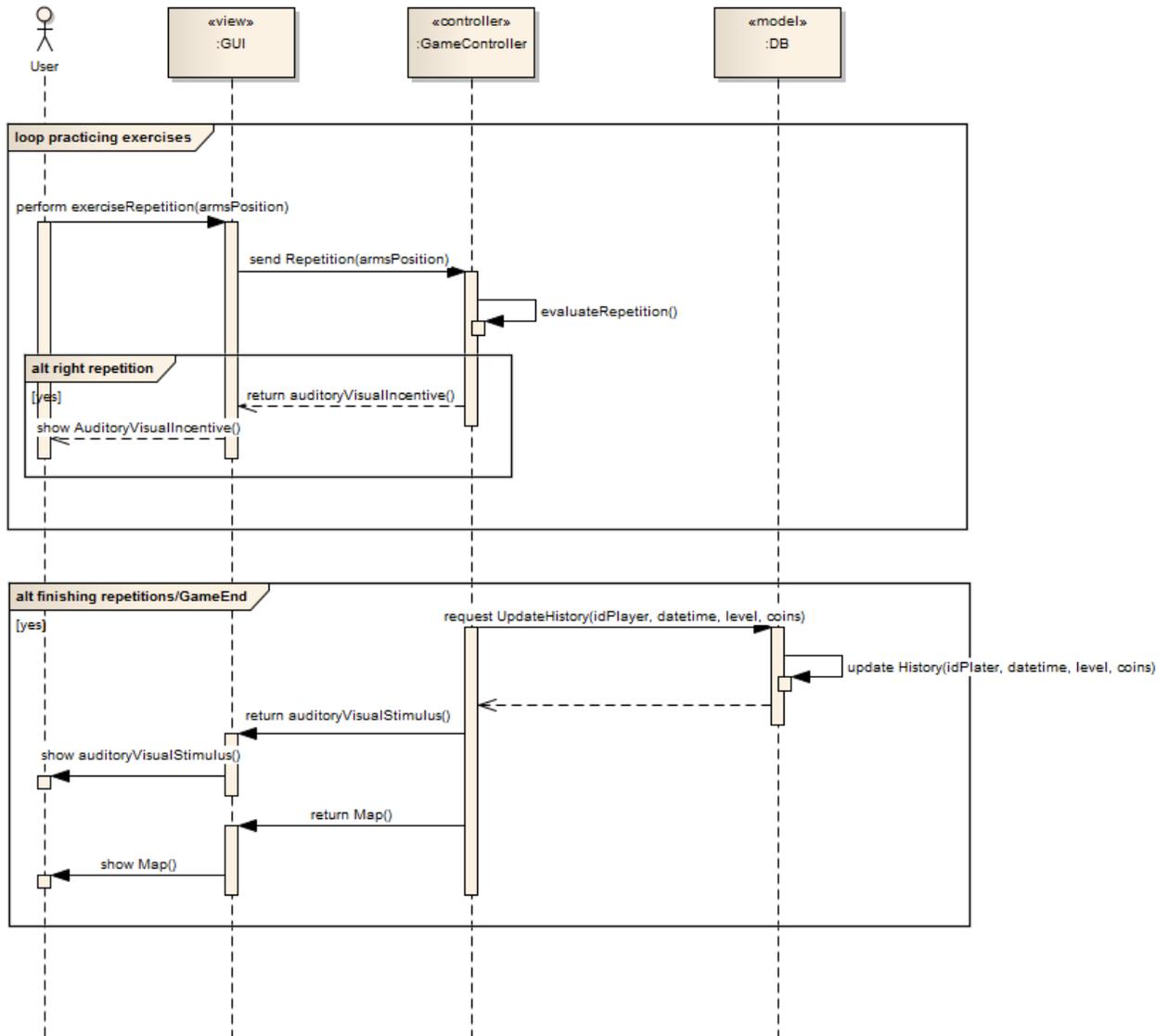


Figura 26. Diagrama de secuencia del caso de uso jugar nivel (Parte 2: continuación).

4.4. Resumen

En este capítulo se describen las características del videojuego FroggyBobby3.0, tales como la dinámica del videojuego, así como su implementación.

El videojuego FroggyBobby3.0 está formado por seis niveles que imitan los movimientos de una terapia de integración motriz gruesa de miembros superiores. Para jugar FroggyBobby3.0, los niños con autismo utilizan sus brazos para controlar la lengua del avatar de una rana, mientras practican ejercicios de integración visual-motriz gruesa. Los

niños deben mover su brazo izquierdo o derecho, de arriba hacia abajo, de forma lateral o cruzadas. Cada nivel de FroggyBobby3.0 demanda a los niños a realizar 10 repeticiones de ejercicios de integración visual-motriz con cada brazo.

FroggyBobby3.0 utiliza el sensor Kinect para rastrear los movimientos de los jugadores, un proyector para el despliegue del juego y una PC que es la encargada de ejecutar el videojuego. Se utilizó el SDK de Microsoft Kinect para para obtener los datos capturados por el sensor Kinect y enviarlos a las interfaces que se implementaron en el lenguaje C#, utilizando el marco de trabajo de Microsoft XNA. Este marco de trabajo permite crear la comunicación con los datos gestionados por el SDK para activar los eventos correspondientes en el videojuego a través del movimiento de los brazos del jugador. El diseño arquitectónico de FroggyBobby tiene tres capas lógicas, utilizando un paradigma orientado a objetos, con el objetivo de promover escalabilidad y mantenimiento.

Capítulo 5. Evaluación formativa

FroggyBobby3.0 se evaluó de manera formativa⁴⁶ en la clínica-escuela Pasitos, A.C., en Tijuana, Baja California, México.

El estudio de evaluación consistió en evaluar la experiencia de uso y viabilidad de FroggyBobby3.0 para apoyar la práctica de ejercicios de integración visual-motriz gruesa de niños con autismo. La experiencia de uso y viabilidad se midió en términos de uso y adopción, atención, expresiones emocionales y práctica de los ejercicios motrices.

Este capítulo se estructura de la siguiente manera. Primero, se presentan los objetivos de evaluación. Posteriormente, se especifica el diseño y desarrollo del experimento de evaluación. Finalmente, se presenta el análisis de datos y los resultados.

5.1 Objetivos

El objetivo general de la evaluación formativa fue investigar la experiencia de uso y la viabilidad de utilizar FroggyBobby3.0 para apoyar la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo. Esto con la finalidad de responder la tercera pregunta de investigación de esta tesis (ver sección 1.2.1).

Como objetivos específicos se plantearon los siguientes:

- Evaluar la experiencia de uso y adopción de FroggyBobby3.0 como herramienta terapéutica para apoyar a los niños con autismo y a sus psicoterapeutas.
- Determinar si los niños con autismo pueden mantener su atención en FroggyBobby3.0, sin mostrar lapsos de frustración y abandono del uso del videojuego.
- Determinar si FroggyBobby3.0 permite a los niños con autismo practicar ejercicios de integración visual-motriz gruesa.

⁴⁶ Evaluación formativa: es aquella que centra su intervención en los procesos o aspectos de mejora de un sistema. Busca apoyar el desarrollo del sistema, informando tanto el diseño como la implementación del mismo, identificando aspectos que puedan perfeccionar el sistema.

5.2 Diseño de la evaluación

5.2.1 Participantes

En esta evaluación participaron 7 niños con autismo no verbales de baja funcionalidad (rango de edad: 7-9 años, 1 participante de sexo femenino, edad promedio= 8.62 años, SD= 0.91 años), y 3 psicoterapeutas que son responsables de su cuidado (psicoterapeuta titular, auxiliar y de servicio social, todas de sexo femenino, edad promedio=23 años, SD = 0 años). El estudio se realizó en la clínica-escuela Pasitos.

5.2.2 Instalación de FroggyBobby3.0

FroggyBobby3.0 se instaló en un salón de Pasitos, con dimensiones de 3.65 x 1.83 m. El sensor Kinect se colocó en una repisa a un altura de 50.8 cm del piso. El proyector se colocó frente al sensor Kinect en una repisa con una profundidad de 3.65 m y una altura aproximada de 2.2 m. Estas condiciones permiten que la proyección no sea obstruida por el cuerpo de los niños al estar utilizando el videojuego. El sensor Kinect y el proyector se conectaron a una computadora con procesador i7 con 8G de memoria RAM, la cual se colocó detrás del área de proyección, en un salón diferente. Además, un ratón y un teclado inalámbrico se conectaron a la computadora por tecnología USB de largo alcance. Las psicoterapeutas utilizaron estos dispositivos de entrada para controlar los menús del videojuego. Se instalaron un par de bocinas arriba del área de proyección, a una altura aproximada de 2.5 metros. Finalmente, se instalaron dos videocámaras, una cámara frontal, y una cámara trasera para monitorear los movimientos e interacciones de los niños (Figura 27).

Para indicar la posición en el piso donde los niños deben colocarse al jugar con FroggyBobby3.0, se colocó una marca de un rectángulo con cinta roja en el piso, a 3 m de profundidad del sensor Kinect.

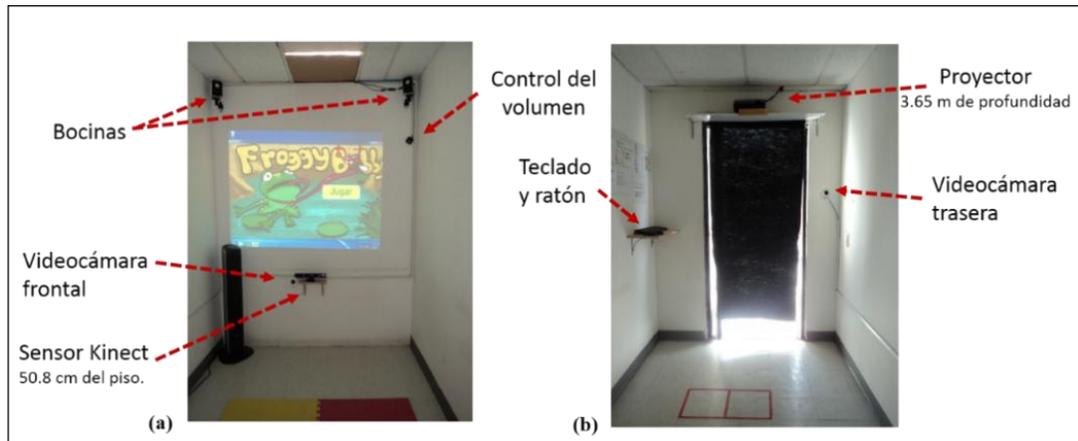


Figura 27: Instalación de hardware para la evaluación de FroggyBobby3.0. (a) Captura de pantalla de la cámara trasera mostrando el área de proyección, las bocinas y el sensor Kinect; (b) Captura de pantalla de la cámara frontal mostrando la entrada del salón, la posición del proyector, del teclado y el ratón, así como el rectángulo en el piso para indicar la posición de colocación a los niños.

5.2.3 Procedimiento

Cada sesión con el videojuego fue individual, es decir, cada niño asistió al salón de FroggyBobby3.0 en compañía de una psicoterapeuta. Las psicoterapeutas designaron dos días a la semana para utilizar FroggyBobby3.0. Los niños jugaron los 6 niveles de FroggyBobby3.0 de manera incremental a través de las sesiones de juego. Las psicoterapeutas sugirieron no introducir todos los niveles disponibles en el juego desde la primera sesión para evitar exponer a los niños a una carga cognitiva excesiva. Por esta razón, los niveles se fueron introduciendo incrementalmente. En cada sesión se jugaron a lo más 6 ensayos en total para todos los niveles disponibles en esa sesión (e.g., en la primera sesión de juego, los niños jugaron los niveles 1 y 2, tres veces cada uno, dando un total de 6 ensayos por día de juego).

5.3 Desarrollo de la evaluación

Las psicoterapeutas recibieron una sesión de entrenamiento en el uso de FroggyBobby3.0 ($t = 2:00$ hrs.). Durante la primera hora se les proporcionó un tutorial con las funciones básicas del videojuego. Durante la segunda hora, las psicoterapeutas

asistieron al salón de FroggyBobby y utilizaron el videojuego, navegaron por los menús y jugaron los 6 niveles disponibles.

Posteriormente, se llevó a cabo una prueba piloto para evaluar el desempeño del prototipo en condiciones reales. El objetivo de esta prueba piloto fue determinar la capacidad de los movimientos de los niños para alcanzar cada botón del videojuego, observar posibles problemas al realizar el rastreo del cuerpo y determinar la distancia de colocación más apropiada para obtener un rastreo corporal fiable del sensor Kinect. Nueve niños con autismo (seis niños con rango de edad de 6-8 años; tres con rango de edad de 13-16 años), utilizaron los tres primeros niveles de FroggyBobby3.0 durante una sesión de juego cada uno. Cada niño utilizó el videojuego por aproximadamente 8 minutos ($t = 01:09:00$ hrs., promedio por niño = $07:40$ min.). Ninguno de los niños que participaron en la prueba piloto formó parte del estudio final de evaluación formativa.

Durante las siguientes 6 semanas, los siete niños jugaron FroggyBobby3.0, dos veces a la semana (Figura 28). En total, cada niño tuvo 12 sesiones de juego (duración promedio = $10:45$ min.).



Figura 28. Uno de los participantes durante una sesión de juego con FroggyBobby3.0.

Además, se llevaron a cabo entrevistas semi-estructuradas semanales (n=16) a las psicoterapeutas⁴⁷, donde se les preguntó sobre su percepción de utilidad de FroggyBobby3.0 como apoyo a la terapia, incluyendo el avance y desempeño de los niños durante el juego.

Las entrevistas fueron grabadas en audio y todas las sesiones de juego fueron video grabadas para su análisis⁴⁸ posterior.

En total se obtuvieron 28 horas de grabación de video, que posteriormente se utilizaron para realizar el análisis. Las entrevistas con las psicoterapeutas duraron alrededor de 30 minutos, obteniendo 6:15:52 horas de audio en total (duración promedio = 23:30 min., SD = 09:44 min.).

5.4 Análisis de los datos

Para el análisis de datos se utilizaron técnicas cuantitativas para codificación de videos y técnicas de teoría fundamentada para el análisis cualitativo a las entrevistas, como se indica enseguida.

5.4.1 Estimación de uso y adopción

Para analizar el uso y la adopción de FroggyBobby3.0, se transcribieron las entrevistas. Posteriormente, se realizó un microanálisis (*i.e.*, codificación abierta) sobre las transcripciones, que consiste en analizar línea por línea los documentos para identificar temas comunes y recurrentes (Strauss & Corbin, 1998). Este microanálisis se complementó con codificación axial, con el objetivo de identificar relaciones entre los temas recurrentes. Una vez categorizadas las citas, se realizó un diagrama de afinidad (H. Beyer & Holtzblatt, 1998), para agrupar los temas emergentes (Para ver más detalles

⁴⁷ Debido a que los participantes son niños con autismo no verbales, se utilizaron las terapeutas como "proxis" (Tang & McCorkle, 2002).

⁴⁸ Todos los participantes de la evaluación, incluyendo psicoterapeutas y los padres de los niños participantes otorgaron su consentimiento explícito por escrito para participar en la evaluación, y estuvieron de acuerdo en que las sesiones de juego fueran video-grabadas, siempre y cuando al mostrar los resultados, y en todo momento se proteja la identidad de los participantes.

sobre esta técnica, ver sección 3.1.2). Toda la información de las entrevistas se concentró y transcribió utilizando el software atlas.ti.

5.4.2 Tipificación de comportamientos

Para cuantificar los comportamientos e interacciones de los participantes utilizando FroggyBobby3.0, se utilizó el método de observación directa (Mintzberg, 1970). Para cada tipo de comportamiento, un investigador entrenado clasificó el comportamiento que los niños presentaron durante cada sesión de juego mediante el registro objetivo en un formulario predefinido. Para el análisis de videos se utilizó el método de análisis secuencial basado en eventos (Bakeman & Gottman, 1997), que consiste en examinar cada uno de los videos de acuerdo a un esquema de codificación, el cual contiene los eventos (i.e., comportamientos) a codificar definidos previamente (Tabla 10).

El esquema de codificación fue definido por dos investigadores, un experto en neurociencias, y un experto en IHC/Ubicomp. El proceso para definir el esquema de codificación consistió en una sesión (t = 4:00 hrs.), donde los dos investigadores discutieron los tipos de comportamientos de interés para esta tesis, reportados en la literatura de análisis de comportamiento, autismo y de IHC. A partir de ahí, se eligieron los comportamientos más adecuados para ser utilizados para el análisis de la presente evaluación, y se procedió a definir cada comportamiento seleccionado.

Los comportamientos disponibles en el esquema de codificación incluyen atención, expresiones emocionales y rendimiento motor (Tabla 10). Para el analizar si los niños estaban enfocados a FroggyBobby3.0 mientras jugaban, así como para analizar el tipo de atención que estaban presentando, se utilizó la clasificación de atención de (Corbetta et al., 1991); atención dividida y atención selectiva. Para investigar si los niños presentaban lapsos de frustración o enojo durante las sesiones de juego con FroggyBobby3.0, así como expresiones positivas al jugar, se clasificaron las expresiones emocionales como positivas y negativas, de acuerdo a los códigos de expresión facial de (Ekman & Rosenberg, 1997). Para el análisis de la práctica de los ejercicios de integración visual-motriz con FroggyBobby3.0, se utilizó la clasificación de movimientos dirigidos hacia un objetivo de (Abrams et al., 1990; Gallahue & Ozmun, 1998), donde se analizó la práctica, independencia y dirección del movimiento.

Tabla 10. Detalle de los comportamientos del esquema de codificación para el análisis secuencial de datos de la evaluación formativa.

Evento/comportamiento	Definición
Atención (Corbetta et al., 1991)	
En la tarea	Los niños están atentos al videojuego. Atención selectiva: Los niños están totalmente atentos en el videojuego, i.e., no están dividiendo su atención en otros estímulos dentro del salón. (Código ONTSV , por sus siglas en inglés, <i>ON-Task Selective</i>). Atención dividida: Los niños están parcialmente atentos al videojuego, i.e., ocasionalmente dividen su atención entre el videojuego y otros estímulos en el salón (e.g., cámaras, proyector). Atienden otros estímulos, pero regresan su atención al videojuego en menos de unos pocos segundos (1-3 segundos aproximadamente). (Código ONTD , por su traducción al inglés, <i>ON-Task Divided</i>)
Fuera de la tarea	Los niños no están atentos al videojuego. (Código OFT , por su traducción al inglés, <i>Off-Task</i>)
Expresiones emocionales (Ekman & Rosenberg, 1997)	
Expresión emocional positiva	Los niños muestran expresiones emocionales positivas mientras están jugando con FroggyBobby, incluyendo expresiones de disfrute (e.g., risas, sonrisas) (Código JY , por su traducción al inglés, <i>JoY</i>), interés (Código IT , por su traducción al inglés, <i>InTerested</i>) y sorpresa (Código SR , por su traducción al inglés, <i>SuRprise</i>).
Expresión emocional negativa	Los niños muestran expresiones emocionales negativas, incluyendo tristeza (Código SD , por su traducción al inglés, <i>SaD</i>), frustración o enojo (Código FR , por su traducción al inglés, <i>FRustration</i>), y aburrimiento/bostezos (Código YW , por su traducción al inglés, <i>YaWn</i>).
Rendimiento motor (Abrams et al., 1990; Gallahue & Ozmun, 1998)	
Practica de los ejercicios	
Movimiento	Cuando los niños mueven sus brazos para practicar los ejercicios de integración visual-motriz de FroggyBobby. (Código MO , por su traducción al inglés, <i>MOVement</i>).
No hay movimiento	Cuando los niños no están moviendo sus brazos para practicar los ejercicios de integración-visual motriz de FroggyBobby, aun cuando el videojuego lo está solicitando. (Código NO , por su traducción al inglés, <i>NO-movement</i>).
Independencia del movimiento	
Movimientos no asistidos (Independientes)	Movimientos que los niños realizan para practicar los ejercicios de integración visual-motriz sin ayuda física por parte de las psicoterapeutas. (Código IND , por su traducción al inglés, <i>INdependent</i>).
Movimientos asistidos (No independientes)	Movimientos que los niños realizan para practicar los ejercicios de integración visual-motriz con ayuda física de las psicoterapeutas. (Código NI , por su traducción al inglés, <i>No-INdependent</i>).
Dirección del movimiento	
Movimiento dirigido al objetivo	Movimientos que los niños realizan dirigiendo su brazo derecho o izquierdo hacia el objetivo visual solicitado en la pantalla (i.e., botón inicio o fin). (Código DM , por su traducción al inglés, <i>Directed-Movement</i>).
Movimiento no dirigido al objetivo	Movimientos que los niños realizan pero no dirigen su brazo derecho o izquierdo hacia el objetivo visual solicitado. (Código NDM , por su traducción al inglés, <i>No-Directed-Movement</i>).

Cada evento se codificó utilizando una plantilla en Excel, ingresando el tipo de evento (i.e., código) y la marca de tiempo en que sucedió cada evento (hora: minuto: segundo) (Figura 29). Esto con el objetivo de estimar el porcentaje de tiempo en cada tipo de comportamiento, de cada participante.

	Participant	Game session	Observer	Date	Time	ATTENTION	EMOTIONAL EXPRESSION	MOVEMENT PRACTICE	MOVEMENT INDEPENDENCE	MOVEMENT DIRECTION
3	P6	1	KCC	03/03/2014	9:55:36	ONTSV	JY	NO	NO	NO
4	P6	1	KCC	03/03/2014	9:56:29	ONTSV	NONE	MO	NI	NI
5	P6	1	KCC	03/03/2014	9:56:38	OFT	NONE	MO	NI	NI
6	P6	1	KCC	03/03/2014	9:56:40	ONTSV	IT	MO	NI	NI
7	P6	1	KCC	03/03/2014	9:56:52	ONTSV	NONE	MO	IND	DM
8	P6	1	KCC	03/03/2014	9:57:09	ONTD	NONE	MO	IND	DM
9	P6	1	KCC	03/03/2014	9:57:22	ONTSV	NONE	MO	IND	NDM
10	P6	1	KCC	03/03/2014	9:57:35	ONTSV	JY	MO	IND	DM
11	P6	1	KCC	03/03/2014	9:57:45	ONTD	NONE	MO	NI	NI
12	P6	1	KCC	03/03/2014	9:57:54	ONTSV	IT	MO	IND	DM
13	P6	1	KCC	03/03/2014	9:58:05	OFT	NONE	NO	NO	NO
14	P6	1	KCC	03/03/2014	9:58:14	ONTSV	NONE	MO	IND	DM
15	P6	1	KCC	03/03/2014	9:58:33	ONTSV	JY	NO	NO	NO
16	P6	1	KCC	03/03/2014	9:58:51	OFT	YW	MO	IND	DM
17	P6	1	KCC	03/03/2014	9:59:02	ONTSV	NONE	MO	IND	DM
18	P6	1	KCC	03/03/2014	9:59:20	ONTSV	JY	MO	IND	DM
19	P6	1	KCC	03/03/2014	9:59:28	ONTD	NONE	MO	IND	DM
20	P6	1	KCC	03/03/2014	9:59:44	OFT	NONE	MO	NI	NI
21	P6	1	KCC	03/03/2014	10:00:06	ONTSV	NONE	MO	IND	DM
22	P6	1	KCC	03/03/2014	10:00:23	ONTSV	JY	MO	IND	DM
23	P6	1	KCC	03/03/2014	10:00:33	OFT	NONE	NO	NO	NO
24	P6	1	KCC	03/03/2014	10:00:43	ONTSV	NONE	MO	NI	NI

Figura 29. Ejemplo de la plantilla en Excel, utilizada para el análisis secuencial de datos de las variables de atención, expresión emocional y rendimiento motor, de la evaluación formativa.

Para validar el esquema de codificación, 2 investigadores, uno con experiencia en IHC/Ubicomp y el otro con experiencia en neurociencias⁴⁹, fueron entrenados por un periodo de dos horas, observando el mismo video de una sesión de juego con FroggyBobby3.0. Cada investigador de manera independiente codificó los eventos referentes al tipo de atención del niño, las expresiones emocionales y el rendimiento motor (disponible en el esquema de codificación). Con el objetivo de cuantificar el nivel de acuerdo entre investigadores⁵⁰ y la fiabilidad del esquema de codificación, se calculó el Alfa de Cronbach (Cronbach, 1951). Este coeficiente se utiliza para determinar la relación entre las observaciones realizadas, donde la fiabilidad de la escala aumenta cuanto más se aproxime el valor a 1. Para el caso del esquema de codificación general (incluyendo los tres comportamientos), se obtuvo un alfa de $r= 0.933$. El acuerdo entre

⁴⁹ Este investigador es diferente al investigador experto en neurociencias que participó en la definición del esquema de codificación.

⁵⁰ IOA, por sus siglas en inglés, *Inter-Observer Agreement* (Malek, Machani, Mevcha, & Hyder, 2006).

observadores para atención ($r=0.962$), expresión emocional ($r=.925$), y rendimiento motor ($r=0.913$) fue aceptable.

El análisis cuantitativo de los tipos de atención, expresión emocional y rendimiento motor, se complementó con el análisis cualitativo de las entrevistas semanales a las psicoterapeutas, siguiendo el mismo proceso descrito en el análisis del uso y adopción de FroggyBobby3.0, buscando temas emergentes referentes a la atención, las expresiones emocionales y al rendimiento motor.

En total se analizaron y codificaron 144 videos correspondientes a las 28 horas de grabación. Para validar diferencias significativas de cada evento o comportamiento del esquema de codificación, entre la primera y la última sesión de juego, se aplicó una prueba t de Wilcoxon de rangos con signo (Wilcoxon, 1945)⁵¹ para un $\alpha = 0.05$, debido a que se determinó que los datos siguen una distribución no paramétrica. Para determinar la normalidad de los datos, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para el análisis estadístico se utilizó el software R⁵² (versión 3.1.2).

5.5 Resultados

5.5.1 Uso y adopción

FroggyBobby3.0 fue percibido por las psicoterapeutas como *“fácil de usar, divertido y entretenido”*. Además, lo consideraron como una herramienta útil de apoyo a la terapia:

“[FroggyBobby3.0] es una herramienta útil de apoyo funcional para llamar la atención de los niños, que mantiene, sin que la maestra haga algún esfuerzo, la atención de los niños...” –
Psicoterapeuta titular

“A nosotros nos ayuda mucho [el uso de FroggyBobby3.0] porque ponen atención” –
Psicoterapeuta de servicio social

Ninguna de las tres psicoterapeutas tuvo problemas al utilizar FroggyBobby3.0:

⁵¹ Prueba t de Wilcoxon de rangos con signo: prueba estadística para comparar dos grupos de datos que siguen una distribución no paramétrica. Cuando se lleva a cabo con un $\alpha = 0.05$, existe una diferencia estadística significativa cuando el valor de p es $p < 0.05$ (Wilcoxon, 1945).

⁵² R es un software libre que proporciona un lenguaje y un entorno de programación para análisis estadístico y gráfico (R Core Team, 2013).

“se me ha hecho fácil, no he tenido dificultades... se me ha hecho bien, no ha habido ninguna dificultad, digo tú estás para ayudarnos, pero nunca ha habido ningún problema [con FroggyBobby3.0]...” –Psicoterapeuta auxiliar

“Yo la verdad no soy muy tecnológica, pero en general se me ha hecho fácil de usar [FroggyBobby3.0], no me he encontrado con dificultades” –Psicoterapeuta de servicio social

Respecto a la utilidad desde la perspectiva de los niños, las psicoterapeutas percibieron que FroggyBobby3.0 es útil para ellos, ya que los apoya a practicar ejercicios mientras están jugando:

“se me hizo una herramienta que les sirve a los niños porque es una manera de hacer ciertos movimientos, ejercicios psicomotrices de una manera motivadora” –Psicoterapeuta titular

“Lo que me agrada es el movimiento que el niño realiza con su cuerpo, y que no necesita control o algo así, sino que es algo que le está ayudando en su motricidad” –Psicoterapeuta de servicio social

Además, FroggyBobby3.0 es fácil de usar para los niños y se divierten al jugarlo, ya que la mayoría se mostró motivado por ir al salón de FroggyBobby3.0:

“se me hace sencillo para ellos, es un juego muy sencillo que ellos pueden fácilmente controlar, algunos necesitan ayuda, pero si lo pueden realizar...” –Psicoterapeuta Titular

“En general me ha gustado mucho todo el juego, si se me hace algo creativo, divertido para ellos y diferente, y que si está muy dirigido hacia ellos...” –Psicoterapeuta titular

“[Los niños] están muy motivados, si les gusta mucho ir a jugar, he visto como que de repente se ponen a brincar por la emoción, y de hecho hasta me piden que lo vuelva a poner” –Psicoterapeuta de servicio social

En general, las psicoterapeutas percibieron FroggyBobby3.0 como una “herramienta útil” que facilita el trabajo durante la ejecución de la terapia con los niños con autismo de baja funcionalidad.

5.5.2 Atención

Las tres psicoterapeutas comentaron que se sorprendieron al notar que los niños mantuvieron su atención desde la primera hasta la última sesión de juego con FroggyBobby3.0. Las psicoterapeutas explicaron que los niños fueron capaces de alternar su atención entre los estímulos disponibles en la pantalla y los ejercicios de integración visual-motriz que tenían que practicar con FroggyBobby3.0.

“Hemos ido muy rápido con el juego [en comparación con otros conceptos o actividades realizados en clase] y está funcionando, o sea si funciona por lo mismo de la atención, ellos están manteniendo

su atención y eso facilita mucho la actividad” –Psicoterapeuta titular

En la Figura 30, se muestra el porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron en la tarea o fuera de la tarea en cada sesión de juego. El porcentaje se calculó con base a la duración total de cada sesión, y obteniendo el promedio de todos los participantes. En promedio, los niños estuvieron atentos al videojuego un 98% del tiempo total de cada sesión. Una prueba t de Wilcoxon de rangos con signo para un $\alpha = 0.05$ mostró que existe diferencia significativa entre la primera y la última sesión de juego respecto al porcentaje de tiempo en la tarea ($p = 0.03125$). Los participantes estuvieron en promedio 93% de tiempo en la tarea en la primera sesión, mientras que para la última sesión, el porcentaje de tiempo en la tarea fue de 99%. Además, en cada una de las sesiones de juego, los niños mantuvieron el porcentaje de atención en la tarea arriba del 90%.

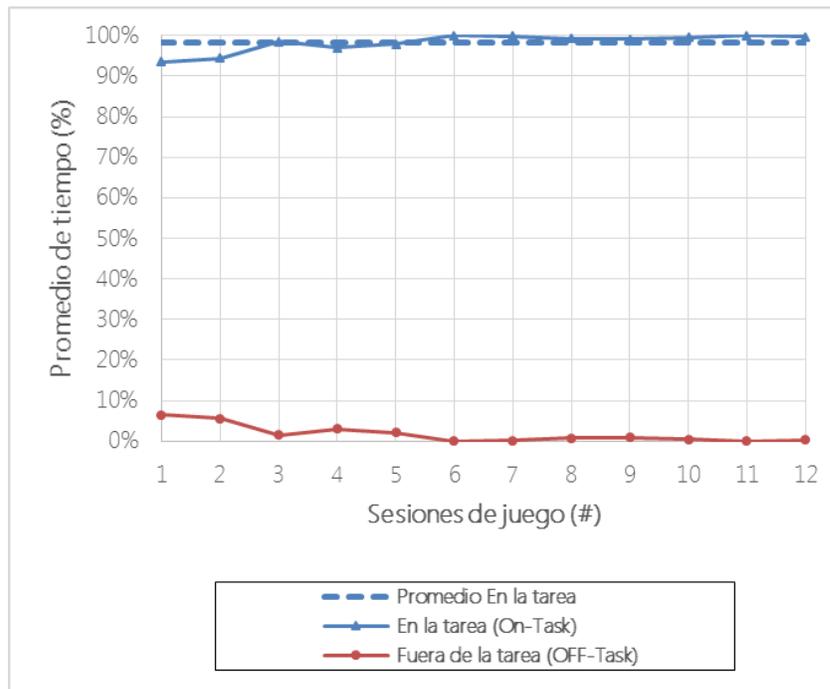


Figura 30. Porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron “en la tarea” vs “fuera de la tarea” en cada sesión de juego con FroggyBobby3.0.

Del porcentaje de tiempo que los niños estuvieron atentos al videojuego (i.e., 98% en la tarea), un 82% estuvieron mostrando atención selectiva, y el resto atención dividida (18%, Figura 31). Esto indica que la mayor parte del tiempo los niños fueron capaces de dirigir su atención hacia el videojuego, minimizando los otros estímulos disponibles en el salón (e.g., bocinas, proyector, cámaras).

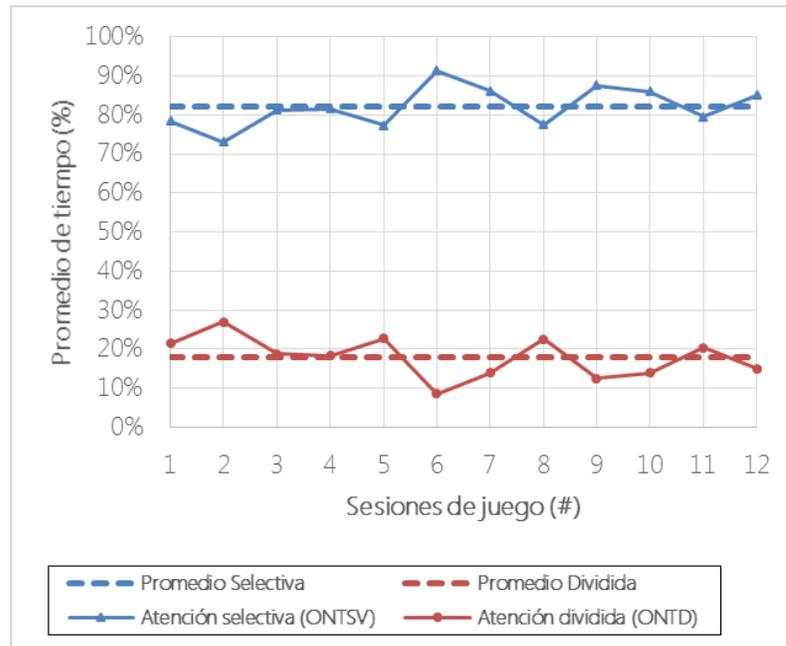


Figura 31. Porcentaje promedio de tiempo del tipo de atención que los niños mostraron al utilizar FroggyBobby3.0 en cada sesión de juego.

A pesar de que los niños con autismo difícilmente expresan emociones (Buitelaar, van der Wees, Swaab-Barneveld, & van der Gaag, 1999), se encontró que en promedio, los niños mostraron expresiones emocionales un 30% del tiempo en cada sesión de juego utilizando FroggyBobby, el otro 70% los participantes no mostraron emociones. Del porcentaje de tiempo que los participantes mostraron emociones (representando el 30% del tiempo total de cada sesión de juego), el 99% de esas emociones fueron expresiones positivas y solo un 1% fueron expresiones negativas (Figura 32). Además, el análisis cualitativo mostró que de acuerdo a las cuatro psicoterapeutas, no se presentaron emociones negativas durante las sesiones de juego:

“[Los niños] se ponían muy felices [al jugar con FroggyBobby3.0], luego se ponían a reír, pero si se ponen felices, más que nada felicidad, ninguno se frustró ni nada” –Psicoterapeuta auxiliar.

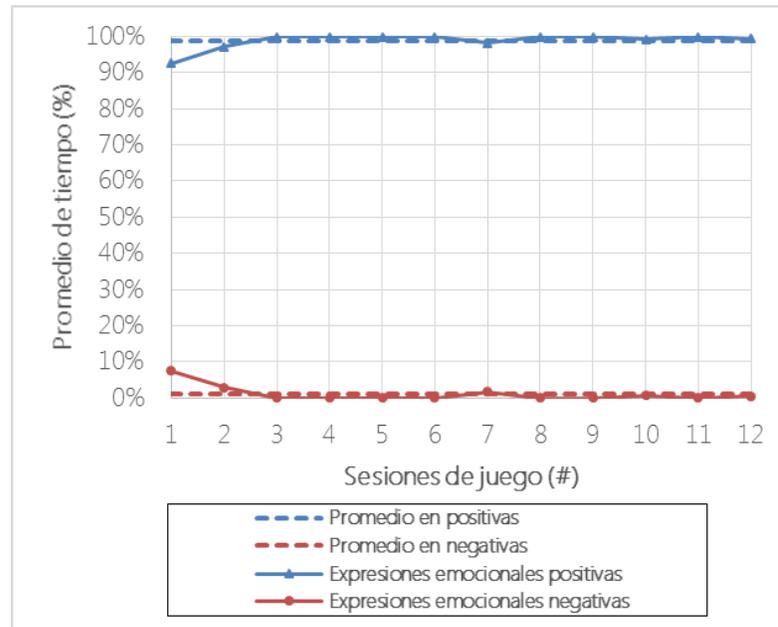


Figura 32. Porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron expresando emociones positivas y negativas en cada sesión de juego.

No existe diferencia significativa entre las expresiones emocionales mostradas por los niños durante la primera y última sesión de juego. Las expresiones emocionales positivas estuvieron presentes y se mantuvieron durante todas las sesiones de juego. Lo que indica que FroggyBobby3.0 produce emociones positivas.

Estos resultados muestran que FroggyBobby3.0 es adecuado para apoyar intervenciones motrices terapéuticas de niños con autismo, ya que mantiene su atención a través de las sesiones de juego, mientras promueve emociones positivas en ellos.

5.5.3 Práctica de los ejercicios y rendimiento motor

Las psicoterapeutas percibieron que FroggyBobby3.0 ayuda a los niños a practicar los ejercicios de integración visual-motriz, así como también percibieron una mejora en el rendimiento motor a través de las sesiones de juego:

“Desde la primera semana hasta la última si noté cambios [con el uso de FroggyBobby3.0], noté cambios en una mejora de atención, en el ejercicio físico, es decir, los niños ya hacen mejor sus movimientos, como que tienen un poco más de autocontrol en ellos, en sus movimientos...” –

Psicoterapeuta titular

La Figura 33 muestra que en promedio, los niños movieron sus brazos para practicar los ejercicios de integración visual-motriz de FroggyBobby3.0 el 67% del tiempo en cada

sesión de juego. Es decir, los niños estuvieron practicando los ejercicios más de la mitad del tiempo de cada sesión de juego, lo que indica que FroggyBobby3.0 ayuda a los niños con autismo a practicar ejercicios de integración visual-motriz. No existe diferencia significativa entre el porcentaje de tiempo de práctica de ejercicios de la primera y última sesión de juego.

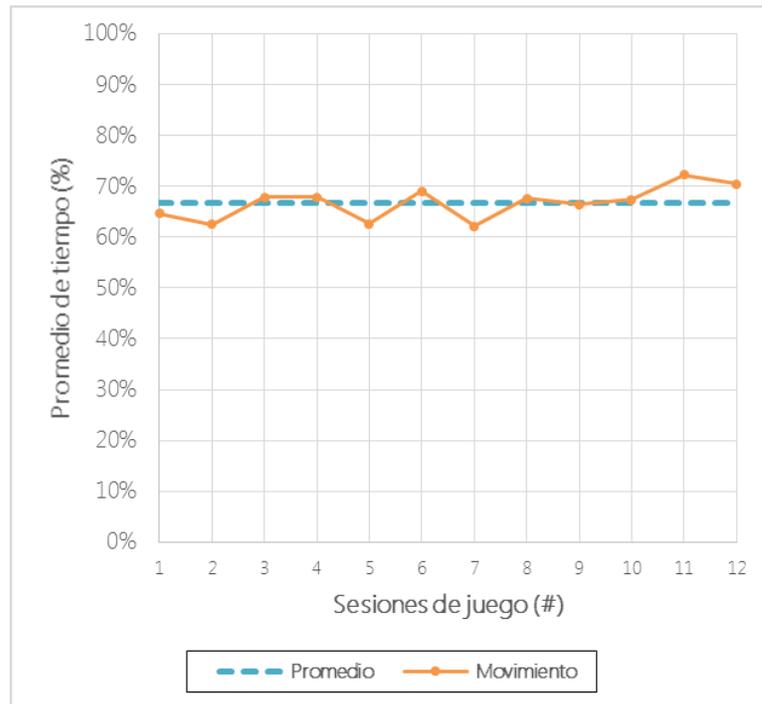


Figura 33. Porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron moviendo sus brazos para practicar los ejercicios de integración visual-motriz de FroggyBobby3.0, en cada sesión de juego.

Del porcentaje de tiempo en que los niños estuvieron practicando los ejercicios de integración visual-motriz (representando el 67% en cada sesión de juego), el 49% del tiempo, los niños recibieron ayuda física por parte de la terapeuta para llevar a cabo los ejercicios; es decir sus movimientos fueron asistidos (Figura 34), En contraste, el 51% del tiempo, los participantes realizaron los movimientos independientes sin ayuda física por parte de las psicoterapeutas (movimientos no asistidos, Figura 34).

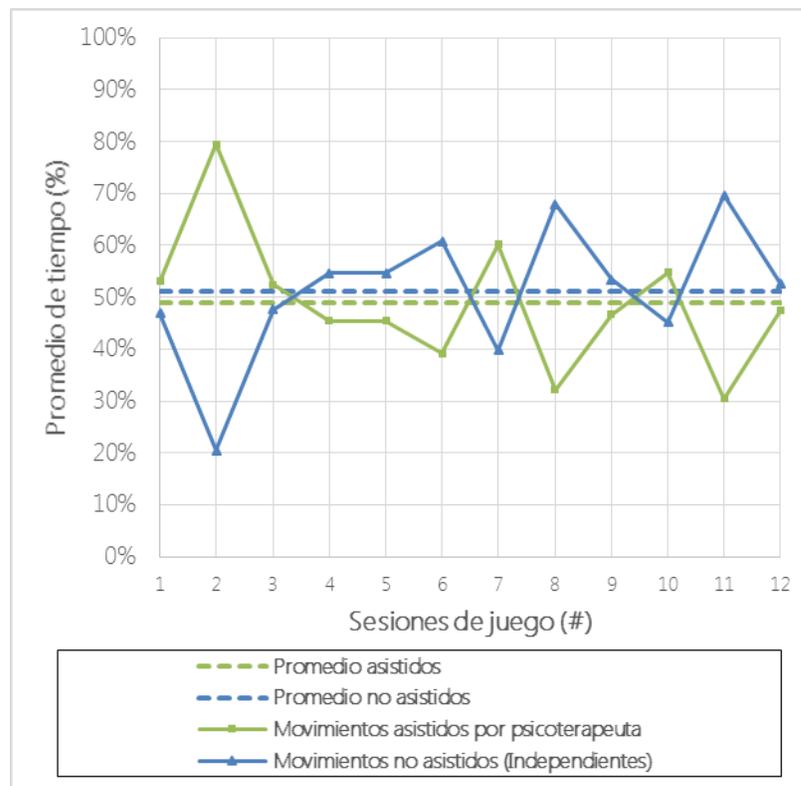


Figura 34. Porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron realizando movimientos asistidos por las psicoterapeutas vs movimientos no asistidos.

No se encontró diferencia estadística entre la primera y última sesión del porcentaje de movimientos asistidos o no asistidos. Este resultado indica que el porcentaje de movimientos asistidos y no asistidos se mantuvo a través de las sesiones de juego (49%). Los participantes necesitaron ayuda física por parte de las psicoterapeutas en todas las sesiones de juego. De igual forma, los participantes realizaron movimientos independientes en todas las sesiones de juego (51% en promedio).

Del porcentaje de tiempo que los participantes realizaron movimientos no asistidos (representando el 51% en cada sesión de juego), el 76% fueron movimientos dirigidos, mientras que el 24% fueron movimientos no dirigidos (Figura 35). Los participantes realizaron un 58% de movimientos dirigidos en la primera sesión con el videojuego, mientras que en la última sesión, los participantes realizaron un 96% de movimientos dirigidos.

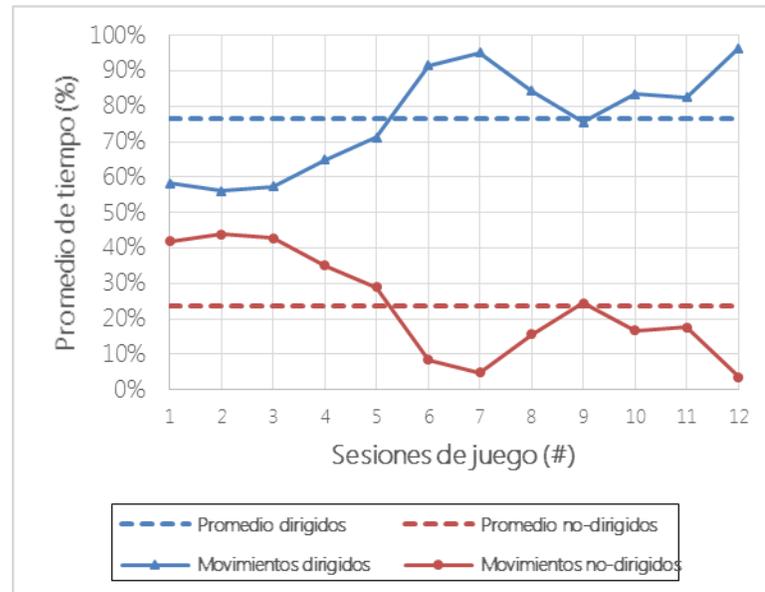


Figura 35. Porcentaje promedio de tiempo en que los niños estuvieron realizando movimientos dirigidos al objetivo vs movimientos no dirigidos al objetivo.

La prueba t de Wilcoxon de rangos con signo mostró diferencia significativa entre el porcentaje de tiempo de los movimientos dirigidos a un objetivo entre la primera y la última sesión de juego ($p = 0.01562$). El porcentaje de movimientos dirigidos aumentaron de un 58% en la primera sesión a un 96% en la última sesión. Estos resultados indican que FroggyBobby3.0 es una herramienta útil para apoyar a los niños con autismo de baja funcionalidad a practicar ejercicios de integración visual-motriz, y que el uso sostenido de esta tecnología puede impactar positivamente en su integración visual-motriz. Los movimientos no dirigidos disminuyeron de un 42% en la primera sesión a un 4% en la última sesión de juego ($p = 0.03125$). Esto indica que los niños comenzaron la primera sesión de juego realizando movimientos dirigidos y no dirigidos, pero terminaron el estudio de evaluación realizando un porcentaje mayor de movimientos dirigidos. Las psicoterapeutas también comentaron un avance en la ejecución de los movimientos:

“he visto un impacto en la motricidad, están logrando mejorar sus movimientos, tener más control, y están realizando movimientos más coordinados” -Psicoterapeuta auxiliar

En resumen, los resultados de la evaluación formativa muestran que:

- FroggyBobby3.0 fue adoptado y utilizado por los niños con autismo de baja funcionalidad y sus psicoterapeutas.

- FroggyBobby3.0 mantiene la atención de los niños con autismo mientras provoca expresiones emocionales positivas.
- FroggyBobby3.0 ayuda a los niños con autismo de baja funcionalidad a practicar ejercicios de integración visual-motriz.

5.6 Consideraciones de diseño para la mejora de FroggyBobby3.0

Una evaluación formativa tiene como objetivo detectar posibles mejoras para el desarrollo o implementación de un sistema, que contribuya a apoyar a un objetivo en particular. Durante el proceso de evaluación formativa, se encontraron las siguientes consideraciones de diseño para la mejora de FroggyBobby3.0 en apoyo a la integración visual-motriz de los niños con autismo:

5.6.1 Patrones de movimiento

A pesar que las psicoterapeutas percibieron que los niños realizaban movimientos más dirigidos a través de las sesiones de juego con FroggyBobby3.0, las tres psicoterapeutas comentaron que la mayoría de los niños seguían las moscas con su brazo, con el objetivo de atraparlas (ya que se mueven en el área limitada entre los botones de inicio y fin). En estos casos, las psicoterapeutas brindaron una instrucción verbal o gestual para corregir el movimiento o para que el niño terminara satisfactoriamente el ejercicio motriz. Por esta razón, se determinó necesario que FroggyBobby3.0 indicara más claramente, de preferencia de manera visual, el patrón de movimiento que los niños deben ejecutar para realizar cada ejercicio de integración visual-motriz.

5.6.2 Aspectos de lateralidad

Las psicoterapeutas comentaron que uno de los objetivos escolares de los niños con autismo es aprender y entender los aspectos de lateralidad (e.g., arriba, abajo, izquierda, derecha). Por tal razón, se observó, que durante las sesiones de juego, las psicoterapeutas indicaban verbalmente a los niños hacia dónde dirigir cada brazo (e.g., brazo derecho arriba), y la mayoría de las psicoterapeutas utilizaban los aspectos de lateralidad de “arriba”, “abajo” para brindar las instrucciones. De igual forma, durante las entrevistas, las tres psicoterapeutas comentaron que los botones del juego marcados

como “inicio” y “fin”, deberían estar marcados con “arriba”, “abajo”, para ser más consistentes con las instrucciones y el ejercicio motriz solicitado. De esta forma, FroggyBobby3.0 también puede apoyar a la adquisición de los aspectos de lateralidad de los niños con autismo, donde no solo es alcanzar el estímulo visual con el movimiento de sus brazos, sino que los niños pueden relacionar cada aspecto de lateralidad con la instrucción verbal y la palabra escrita (e.g., método global de lectoescritura (Sullivan, 1986)).

5.6.3 Instrucciones y reforzamientos verbales

Los resultados de la evaluación formativa indican que es importante incluir instrucciones verbales y visuales antes de iniciar cada nivel del videojuego para indicar al niño cuál es el brazo a utilizar (e.g., “utiliza tu brazo derecho”, mostrando una imagen del brazo derecho). De esta manera, los niños se percatan antes de iniciar el nivel, cuál es el brazo con el que van a trabajar, apoyándolos también en los aspectos de lateralidad de “izquierda” y “derecha”. Además, una vez que inicia cada nivel, es importante indicar verbalmente al niño, con una instrucción clara y corta, el movimiento a realizar, ya sea el utilizar el brazo derecho hacia arriba o el brazo derecho hacia abajo –al menos y en especial para el caso del nivel 1 de FroggyBobby3.0.

5.7 Resumen

En este capítulo se presentó la evaluación formativa de FroggyBobby3.0. La evaluación se llevó a cabo con 7 niños con autismo de baja funcionalidad y 3 psicoterapeutas en la clínica-escuela Pasitos.

Los participantes utilizaron los seis niveles de FroggyBobby3.0 durante seis semanas, dos veces a la semana. Los resultados se analizaron utilizando un enfoque de métodos de análisis mixto, mediante técnicas cuantitativas y cualitativas. Los resultados indican que los participantes mantuvieron su atención en el videojuego durante todas las sesiones de uso, y expresaron emociones positivas mientras jugaban. Además, los movimientos dirigidos aumentaron significativamente de la primera a la última sesión de

uso del videojuego. Además, se obtuvieron un conjunto de mejoras para el rediseño de FroggyBobby3.0.

Con base en los resultados de la evaluación formativa y tomando en cuenta las consideraciones de diseño, se realizó un rediseño de FroggyBobby3.0, dando como resultado una nueva versión llamada FroggyBobby4.0, la cual se describe a mayor detalle en el siguiente capítulo.

Capítulo 6. Evaluación sumativa

En este capítulo se presenta la evaluación sumativa de la segunda versión funcional del videojuego basado en movimiento –FroggyBobby4.0. FroggyBobby4.0 incorpora las consideraciones de diseño resultantes de la evaluación formativa de la primera versión funcional FroggyBobby3.0 (Capítulo 5). FroggyBobby4.0 se evaluó en el Centro de Atención al Niño Autista de Mexicali (CANAM) en Mexicali, Baja California, México.

El estudio de evaluación consistió en evaluar el desempeño de FroggyBobby4.0 en comparación de la terapia física tradicional. El desempeño se midió en términos de coordinación motriz, integración visual-motriz y rendimiento motor, en particular en la independencia, dirección y precisión del movimiento.

Este capítulo se estructura de la siguiente manera. Primero, se presenta el diseño de FroggyBobby4.0. Posteriormente, se especifican los objetivos de evaluación, seguido del diseño y desarrollo del experimento de evaluación. Finalmente, se presenta el análisis de datos y los resultados.

6.1. Rediseño del prototipo: FroggyBobby4.0

Cada nivel del prototipo funcional (FroggyBobby3.0) se modificó para incluir el patrón de movimiento requerido para realizar cada ejercicio de integración visual-motriz (i.e., laterales y cruzados) (Figura 36).

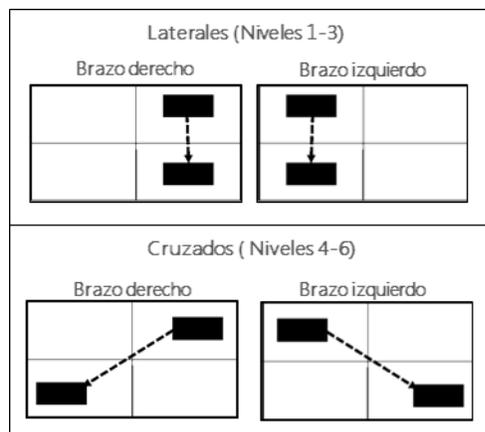


Figura 36. Patrones de movimiento integrados en FroggyBobby4.0.

Los patrones de movimiento se formaron con las moscas disponibles en cada nivel, preservando la animación del vuelo de las mismas, pero limitando su área a un solo lugar (Figura 37a). Además, los botones de inicio y fin de cada nivel, fueron modificados con las palabras “arriba” y “abajo” para promover los aspectos de lateralidad (Figura 37b).

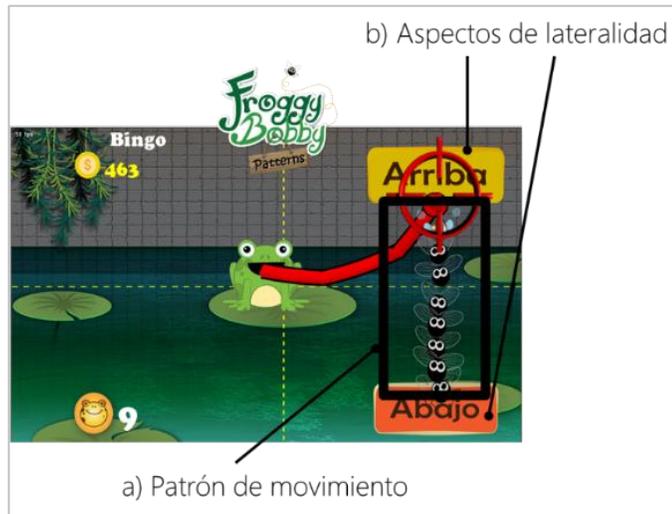


Figura 37. Interfaz de FroggyBobby4.0. (a) Patrón de movimiento que indica el movimiento a realizar; (b) aspectos de lateralidad integrados a los botones.

Se agregaron instrucciones verbales claras y cortas⁵³ antes de iniciar cada nivel para indicar el brazo a utilizar (i.e., derecho o izquierdo), así como para indicar hacia dónde dirigir el movimiento (e.g., mano derecha arriba, mano derecha abajo).

Utilizando la última versión del prototipo, FroggyBobby4.0, se llevó a cabo una evaluación sumativa, donde el objetivo general fue evaluar su utilidad y eficacia en apoyo a la integración visual-motriz de los niños con autismo.

6.2. Objetivos

El objetivo general de la evaluación sumativa fue determinar la eficacia de utilizar FroggyBobby4.0 para apoyar la integración visual-motriz de los niños con autismo, en términos de habilidades de coordinación motriz, integración visual-motriz y rendimiento

⁵³Las instrucciones verbales se definieron en conjunto con las psicoterapeutas de la clínica CANAM (Centro de Atención al Niño Autista de Mexicali), lugar donde se llevó a cabo la evaluación sumativa del prototipo.

motor, en comparación con la terapia tradicional, y así responder, la cuarta pregunta de investigación de esta tesis (ver sección 1.2.1).

Como objetivos específicos, se plantearon los siguientes:

- Determinar el impacto de utilizar FroggyBobby4.0, en términos de la coordinación motriz de los niños con autismo, en comparación con la terapia tradicional.
- Determinar el impacto de utilizar FroggyBobby4.0, en términos de la integración visual-motriz, particularmente la integración visual-motriz gruesa de los niños con autismo, en comparación con la terapia tradicional.
- Determinar el impacto de utilizar FroggyBobby4.0, en términos del rendimiento motor (*i.e.*, independencia, dirección y precisión del movimiento) de los niños con autismo, en comparación con la terapia tradicional.

6.3. Diseño de la evaluación

6.3.1. Participantes

En esta evaluación participaron 14 niños con autismo de media a baja funcionalidad (rango de edad = 5-14 años, edad promedio = 8.9 años, SD = 3.4 años, 2 mujeres) (Tabla 11) y 4 psicoterapeutas (edad promedio = 26.4 años, SD = 4 años, todas mujeres), del Centro de Atención al Niño Autista de Mexicali (CANAM).

Los 14 participantes están divididos en dos grupos de acuerdo al repertorio de habilidades básicas (*e.g.*, seguimiento de instrucciones, tolerancia a la actividad): grupo de integrados/pre-académicos ($n=7$, rango de edad = 5-7 años, edad promedio = 5.8 años, SD = 1.06 años, todos varones) y grupo de pre-laborales ($n=7$, rango de edad = 10-14 años, edad promedio = 12 años, SD = 1.5 años, dos mujeres).

Tabla 11. Detalle de los participantes de la evaluación sumativa.

#	Edad	Sexo	Funcionalidad	Grupo
P1	7	M	Media	Integrados
P2	5	M	Baja	Integrados
P3	5	M	Baja	Integrados
P4	7	M	Media	Integrados
P5	5	M	Media	Integrados
P6	7	M	Baja	Integrados
P7	5	M	Baja	Integrados
P8	14	M	Media	Pre-laboral (PL)
P9	13	M	Baja	Pre-laboral (PL)
P10	10	M	Media	Pre-laboral (PL)
P11	12	M	Media	Pre-laboral (PL)
P12	12	F	Baja	Pre-laboral (PL)
P13	10	M	Media	Pre-laboral (PL)
P14	13	F	Baja	Pre-laboral (PL)
Promedio	8.9			
SD	3.4			

6.3.2. Instalación de FroggyBobby4.0

FroggyBobby4.0 se instaló en un salón de CANAM, con dimensiones de 3.5 x 3.0 metros, duplicando el espacio del cuarto de terapias que se utilizó en la evaluación formativa (ver capítulo 5, sección 5.2.2) (Figura 38).

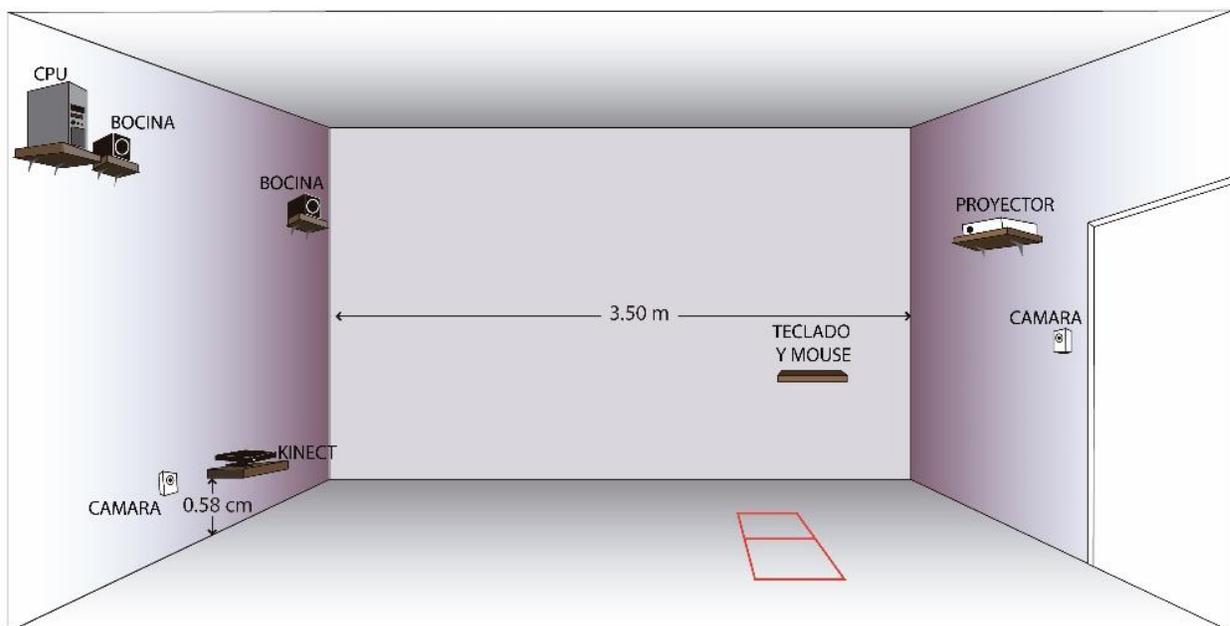


Figura 38. Instalación de hardware para la evaluación de FroggyBobby4.0.

6.3.3. Diseño experimental y procedimiento

El diseño experimental del estudio de evaluación consistió en un diseño de múltiples pruebas de sujeto simple (Leaf, Dotson, Oppeneheim, Sheldon, & Sherman, 2010; Tawney & Gast, 1984) de dos fases (Figura 12) (Figura 39). El diseño experimental de sujeto simple es comúnmente utilizado para evaluar intervenciones de niños con autismo (Cakiroglu, 2012; Tawney & Gast, 1984).

Tabla 12. Descripción de las fases y condiciones realizadas en el diseño experimental de la evaluación sumativa.

Fase	Tipo	Condición		Descripción	
I	A: Línea Base	Tradicional laterales		Los participantes realizaron la terapia tradicional utilizando soportes visuales en la pared para indicar hacia dónde dirigir los movimientos y realizando los ejercicios de integración visual-motriz laterales. (4 sesiones).	
	B: Intervención	FroggyBobby4.0 laterales		Los participantes realizaron la terapia utilizando FroggyBobby4.0, proyectando el videojuego en la misma área donde se colocaron los soportes visuales, y realizando los ejercicios laterales. (6 sesiones).	
II	A': Línea Base ⁵⁴	Tradicional cruzados		Los participantes realizaron la terapia tradicional utilizando soportes visuales en la pared y realizando los ejercicios cruzados. (4 sesiones).	
	B': Intervención	FroggyBobby4.0 cruzados		Los participantes realizaron la terapia utilizando FroggyBobby4.0 y realizando los ejercicios cruzados. (6 sesiones).	

⁵⁴ Se denomina A' y B' a las condiciones de línea base e intervención de la fase II, ejercicios cruzados. Esto debido a que las condiciones de la fase II fueron similares a las condiciones A y B de la fase I, con la diferencia del tipo de ejercicios que se ejecutaron en cada fase.

Todas las condiciones de terapia en ambas fases, se llevaron a cabo en el mismo salón de evaluación (Figura 38). Para el caso de la condición A y A', línea base, se utilizaron soportes visuales en la pared para indicar a los participantes hacia dónde dirigir los movimientos, de acuerdo como se lleva a cabo la terapia tradicional (Tabla 12). Para el caso de la condición B y B', intervención, se utilizó FroggyBobby4.0, proyectando el videojuego en la misma área donde se colocaron los soportes visuales para la condición A y A' (Tabla 12).

Al inicio de cada fase y por cada condición se midieron las habilidades de coordinación motriz general y de integración visual-motriz de cada participante utilizando dos pruebas de desarrollo basadas en la literatura (descripción detallada en la sección 6.5). Las psicoterapeutas aplicaron estas pruebas de desarrollo a cada participante de manera individual. Se designó un cuarto específico de CANAM para realizar las pruebas. Para las actividades de las pruebas de desarrollo que involucraban estar al aire libre, se utilizó el patio de CANAM. Las pruebas de desarrollo fueron las mismas en cada punto de medición.

El procedimiento de evaluación fue como sigue. Primero, los participantes practicaron los ejercicios de integración visual-motriz laterales (Tabla 7, ejercicios laterales) en ambas condiciones; con terapia tradicional utilizando soportes visuales tradicionales (condición A = tradicionales laterales) y utilizando FroggyBobby4.0 (Condición B = FroggyBobby4.0 laterales) (Figura 39a). Posteriormente, los participantes practicaron los movimientos cruzados que corresponden el segundo grupo de ejercicios de integración visual-motriz disponibles en FroggyBobby4.0 (Tabla 7, ejercicios cruzados), en ambas condiciones (A' y B') (Figura 39b). De acuerdo al diseño de sujeto simple, todos los participantes realizaron los ejercicios de integración visual-motriz con ambas condiciones (Cakiroglu, 2012).

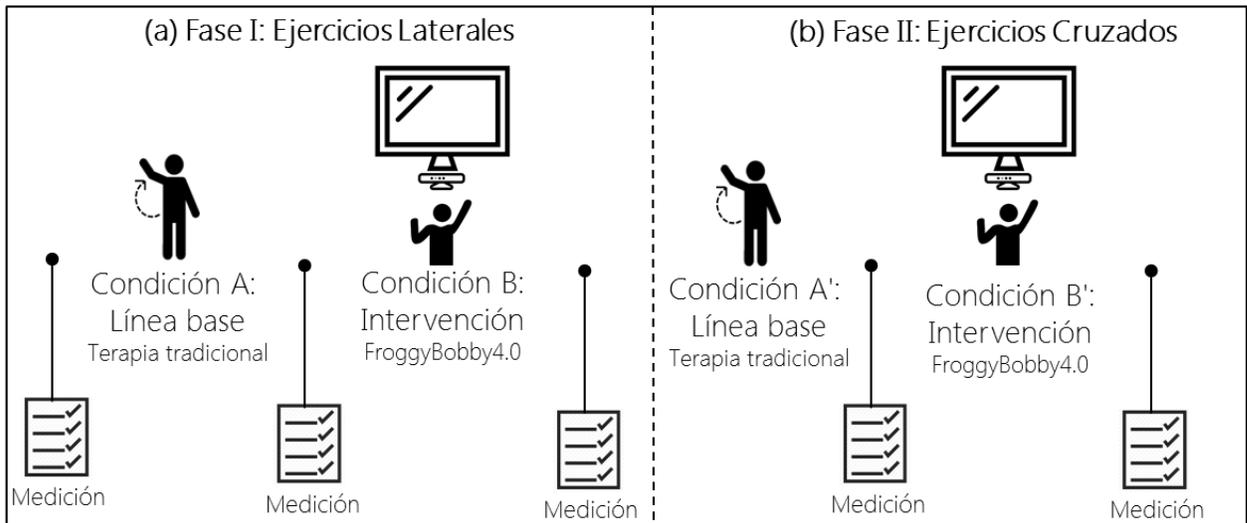


Figura 39. Diseño experimental del estudio de evaluación sumativa: diseño de múltiples pruebas de sujeto simple.

Por cada fase, se llevaron a cabo 4 sesiones para línea base practicando la terapia tradicional, utilizando soportes visuales (condición A y A') y 6 sesiones para la intervención utilizando FroggyBobby4.0 (condición B y B'). En total se realizaron 10 sesiones en cada fase. Al final del estudio de evaluación, se obtuvieron 20 sesiones de terapia en ambas condiciones por niño (*i.e.*, Fase I, 10 sesiones de ejercicios laterales y Fase II, 10 sesiones de ejercicios cruzados).

Todas las sesiones de terapia fueron individuales; es decir, cada participante asistió al salón destinado para la evaluación en compañía de una psicoterapeuta. Las psicoterapeutas designaron dos días a la semana para llevar a cabo la evaluación.

Para asegurar consistencia en las sesiones de ambas condiciones, cada sesión consistió en realizar tres series de cada tipo de ejercicio de integración motriz, donde una serie está formada de la siguiente manera:

- 10 repeticiones de ejercicios (laterales o cruzados, según la fase) con brazo derecho.
- 10 repeticiones de ejercicios (laterales o cruzados, según la fase) con brazo izquierdo.
- 20 repeticiones de ejercicios (laterales o cruzados, según la fase) alternando los brazos (10 por cada brazo).

Cada conjunto de repeticiones es equivalente a cada nivel de FroggyBobby4.0 -e.g., el nivel 1 consiste en 10 repeticiones de los ejercicios laterales con el brazo derecho. Para el caso de la condición de intervención (condición B y B'), los participantes jugaron los niveles correspondientes de FroggyBobby4.0 para cumplir con las tres series de ejercicios (e.g., durante la fase de ejercicios laterales, jugaron los niveles 1-3, tres veces en cada sesión, mientras que durante la fase de cruzados, los participantes jugaron los niveles 4-6).

Con el objetivo de controlar las instrucciones que las psicoterapeutas brindan a los niños durante el proceso de evaluación, y así como disminuir posibles variables externas que pudieran afectar los resultados, se diseñó un manual de instrucciones⁵⁵ para llevar a cabo cada sesión de terapia (en ambas condiciones y ambas fases).

6.4. Desarrollo de la evaluación

Las psicoterapeutas recibieron una sesión de entrenamiento en el proceso de ejecución de la terapia tradicional y en el uso de FroggyBobby4.0 (t = 2:00 hrs.). Durante la primera hora se describió el proceso de ejecución de la terapia, donde se presentó el manual de instrucciones, y se ejemplificó cómo llevar a cabo la terapia tradicional. Además, se les proporcionó un tutorial con las funciones básicas de FroggyBobby4.0. Durante la segunda hora, las psicoterapeutas asistieron al salón de evaluación y utilizaron FroggyBobby4.0, navegaron por los menús y jugaron los 6 niveles disponibles.

La evaluación sumativa tuvo una duración de 6 meses. Las psicoterapeutas llevaron a cabo las mediciones de las habilidades de coordinación motriz general y de integración visual-motriz, y las sesiones de terapia con cada participante (en cada condición correspondiente, en cada fase), en los dos días a la semana designados para el estudio de evaluación, siguiendo el procedimiento descrito en la sección 6.3. Los catorce niños llevaron a cabo las sesiones de terapia en ambas condiciones. Durante la fase I, en la condición A = tradicional laterales (Figura 40a), la duración promedio por sesión fue de

⁵⁵ El manual de instrucciones se diseñó en conjunto con las psicoterapeutas de CANAM. Se definió una primera versión de instrucciones, la cual se refinó de acuerdo a las discusiones de las psicoterapeutas generadas en base a su experiencia en el cuidado de los niños con autismo.

7:10 minutos (SD = 04:29 min.). Para el caso de condición B = FroggyBobby4.0 laterales (Figura 40b), la duración promedio por sesión, fue de 14:51 minutos (SD=05:07 min.). Para la fase II, en la condición A' = tradicional cruzados, la duración promedio por sesión fue de 7:17 minutos (SD = 04:07 min.). Mientras que para la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, la duración promedio fue de 15:07 minutos (SD = 06:25 min.). Después de concluir la fase I, los participantes tuvieron un descanso de dos semanas (vacaciones de semana santa) que sirvió como espacio en blanco entre ambas fases. Después de esas dos semanas, los participantes iniciaron la fase II. Ambas fases se analizaron como independientes.

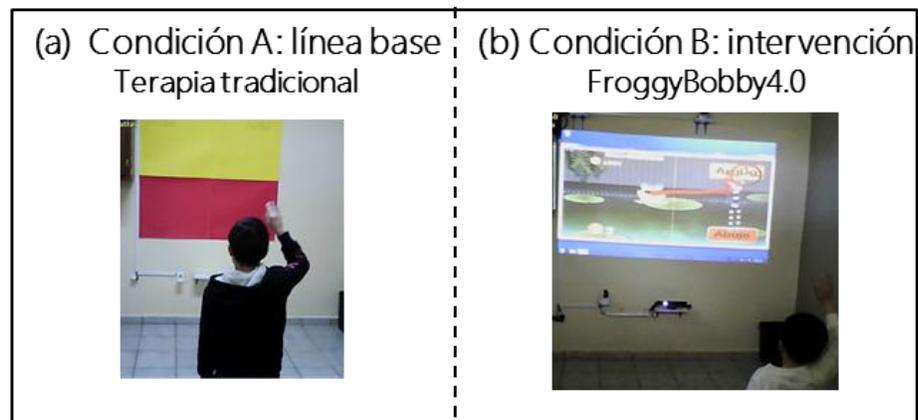


Figura 40. Participantes en la evaluación sumativa de FroggyBobby4.0.

Además, se llevaron a cabo entrevistas semi-estructuradas semanales (n=28) a las psicoterapeutas⁵⁶ donde se les cuestionó sobre su percepción de utilidad tanto de la terapia tradicional, como de la terapia con FroggyBobby4.0, incluyendo el avance y desempeño de los niños durante cada sesión de terapia. Las entrevistas fueron grabadas en audio y todas las sesiones (en ambas condiciones, en ambas fases) fueron video grabadas para su posterior análisis⁵⁷.

En total se obtuvieron 109 horas de grabación de video (~560 videos), que posteriormente fueron utilizados para realizar el análisis. Las entrevistas con las

⁵⁶Debido a que la mayoría de los participantes son niños con autismo no verbales, se utilizaron las psicoterapeutas como "proxis" (Tang & McCorkle, 2002).

⁵⁷Todos los participantes de la evaluación sumativa, incluyendo psicoterapeutas y los padres de los niños otorgaron su consentimiento explícito por escrito para participar en la evaluación, y estuvieron de acuerdo en que las sesiones en ambas condiciones, en ambas fases, fueran videos grabadas, siempre y cuando al mostrar los resultados, y en todo momento se proteja la identidad de los participantes.

psicoterapeutas duraron alrededor de 20 minutos, obteniendo 10 horas de audio en total (duración promedio = 20:38 min., SD = 05:57 min.).

Además, por cada participante, se obtuvieron 5 puntos de medición, donde cada punto de medición está conformado por las dos pruebas de desarrollo; una para la coordinación motriz y otra para la integración visual-motriz. Se obtuvieron 140 pruebas de desarrollo en total.

6.5. Análisis de los datos

Se utilizaron técnicas cuantitativas para el análisis de las pruebas de desarrollo y para la codificación de videos, y técnicas de teoría fundamentada para el análisis cualitativo de las entrevistas. Los datos obtenidos fueron analizados de la siguiente manera:

6.5.1. Coordinación motriz

Para la medición de la coordinación motriz, se utilizó la prueba del cuestionario del desarrollo de la coordinación (Wilson & Crawford, 2009). El cual está formado por 15 ítems o actividades organizadas en 3 áreas:

- control durante el movimiento/coordinación gruesa (6) –*e.g.*, el niño (a) *lanza una pelota* de forma precisa y controlada;
- coordinación fina/escritura (4) –*e.g.*, el niño(a) *escribe* letras, números y palabras en forma *legible*, precisa y correcta; y
- coordinación general (5) –*e.g.*, el niño (a) se mueve y se desplaza con *cuidado y agilidad* sin chocar ni tumbar objetos frágiles en un espacio pequeño.

El cuestionario utiliza una escala 5-Likert para evaluar qué tan consolidada esta cada habilidad (1: ningún grado – 5: supera lo previsto). Para aplicar esta prueba, las psicoterapeutas solicitaron a cada participante llevar a cabo cada actividad, brindando los materiales necesarios para su ejecución (*e.g.*, pelota para las actividades de control durante el movimiento) (Figura 41). Los materiales utilizados fueron los mismos en los cinco puntos de medición.



Figura 41. Psicoterapeuta realizando actividades de la prueba de desarrollo del cuestionario del desarrollo de la coordinación.

El análisis de esta prueba se dividió en términos de los tipos de ejercicios de integración visual-motriz: laterales y cruzados (Figura 39). Es decir, las mediciones realizadas en cada fase de la evaluación (*i.e.*, I, laterales, o II, cruzados) se analizaron por separado. Para el caso de la fase I, se analizaron 3 puntos de medición (*i.e.*, inicio⁵⁸, después de condición A, tradicional laterales, después de condición B, FroggyBobby4.0 laterales). Para el caso de la fase II, se analizaron los últimos 3 puntos de medición, tomando como inicio, la medición realizada después de la condición B, FroggyBobby4.0 laterales⁵⁹. Para cada punto de medición, se determinó la puntuación total de la prueba, siendo el máximo puntaje a obtener 75, dividido en 30 para el área de motricidad gruesa/control de movimiento, 20 para el área de motricidad fina/escritura, y 25 para coordinación general.

Para determinar si existe una diferencia significativa en la coordinación motriz en los tres puntos de medición de cada fase, se aplicó una prueba de análisis de varianza⁶⁰ (ANOVA)⁶¹ con medidas repetidas, dado que todos los participantes participaron en las mismas condiciones (Loftus & Masson, 1994). Esta prueba considera la esfericidad de

⁵⁸ Inicio: define la medición inicial de la prueba de desarrollo, es decir, la puntuación de la prueba de desarrollo que se llevó a cabo antes de comenzar con la condición A de cada fase.

⁵⁹ Se llevó a cabo de esta manera debido a que el diseño del estudio fue un diseño AB, es decir condición A, luego condición B, sin regresar a la condición A inicial, para cada fase de la evaluación (*i.e.*, ejercicios laterales, ejercicios cruzados). A pesar de que existe una limitación en el estudio de evaluación respecto al aprendizaje de los participantes al practicar los ejercicios laterales antes de la fase de los ejercicios cruzados, las dos fases se analizaron como dos intervenciones independientes. Esto con el objetivo de investigar si el tipo de ejercicios tiene un impacto en la coordinación motriz y/o integración visual-motriz de cada niño.

⁶⁰ Debido a que se determinó que los datos siguen una distribución paramétrica. Para determinar la normalidad de los datos, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

⁶¹ ANOVA: Prueba estadística utilizada para analizar la diferencia entre las medias de más de dos grupos de datos, cuando los datos siguen una distribución normal (Davis, 2002).

los datos, la cual supone que los tratamientos o condiciones no son independientes entre sí, debido a que se trata de los mismos sujetos a través del tiempo. Para los casos en que la prueba ANOVA mostró diferencia significativa ($p < 0.05$), y para encontrar específicamente en cuál punto de medición se encuentra esta diferencia, se aplicó una prueba t para un $\alpha = 0.05$ utilizando la corrección de Bonferroni⁶², debido a que esta prueba considera el efecto acumulativo que puede existir entre las muestras por tratarse de los mismos sujetos a través del tiempo (Loftus & Masson, 1994). Así, la significancia estadística se determinó en aquellos grupos que obtuvieron un valor de $p < 0.05$ para un $\alpha = 0.05$, después de multiplicar el valor de p por el número total de comparaciones ($n=3$). Para el análisis estadístico se utilizó el software R.

Para complementar el análisis de esta prueba, se transcribieron y analizaron las entrevistas semanales, siguiendo el mismo proceso descrito en el análisis cualitativo de las entrevistas de la sección 3.1.2, buscando temas emergentes referentes a la coordinación motriz.

6.5.2. Integración visual-motriz

Para la medición de las habilidades de integración visual-motriz, es decir, el grado en el que los movimientos del cuerpo o de las brazos están coordinados en torno a un objetivo o estímulo visual, se utilizó una prueba de desarrollo basada en el test de Integración Visual-Motriz (Beery & Buktenica, 1982). La prueba está formada por 6 actividades; 3 de copiar y 3 de seguir patrones de 3 tipos de trazo: vertical, horizontal y diagonal (Figura 42). La prueba está dividida en dos tipos de actividades: de trazos en papel para medir motricidad fina, y de trazos en el pizarrón, para medir motricidad gruesa. Esta prueba utiliza una escala 4-Likert para evaluar la habilidad en cada trazo (0: no tiene la habilidad – 3: alcanza o supera lo previsto).

⁶² Corrección de Bonferroni: es una herramienta para ajustar los resultados estadísticos en comparaciones múltiples y es utilizada cuando el diseño experimental es intra-sujetos, ya que considera el efecto acumulativo (también llamado efecto de aprendizaje) que puede existir entre las muestras por tratarse de los mismos sujetos a través del tiempo (Loftus & Masson, 1994). Consiste en realizar pruebas t en todas las comparaciones posibles entre grupos de datos (e.g., 3 grupos de datos, 3 comparaciones), y ajustar el valor p elegido (en nuestro caso, $p = 0.05$) dividiendo ese valor entre el número de comparaciones realizadas (e.g., $p = 0.05/3$, para el caso de 3 comparaciones para un $\alpha = 0.05$, o lo que es lo mismo, multiplicar el valor de p obtenido por el número de comparaciones posibles).



Figura 42. Trazos de la prueba de Integración visual-motriz (Beery & Buktenica, 1982).

Para aplicar esta prueba, las psicoterapeutas, solicitaron a cada participante llevar a cabo cada actividad, brindando instrucciones predefinidas en cada actividad y proporcionando los materiales necesarios para su ejecución (e.g., trazos a seguir en papel, Figura 43a y modelo de trazos a seguir en el pizarrón, Figura 43b). Los materiales utilizados fueron los mismos en los cinco puntos de medición.

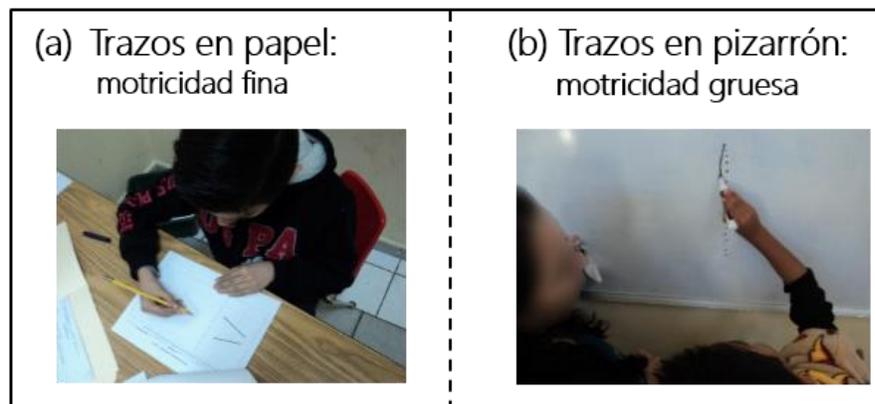


Figura 43. Participantes realizando las actividades de la prueba de desarrollo de integración visual-motriz (a) Participante copiando el trazo solicitado en papel; (b) Participante siguiendo los patrones del trazo solicitado en el pizarrón.

Se calcularon las puntuaciones en cada punto de medición, donde la puntuación máxima es 36; 18 para motricidad fina y 18 para motricidad gruesa. El análisis estadístico se llevó a cabo de la misma manera que en la prueba de coordinación motriz, utilizando una prueba ANOVA de medidas repetidas y la corrección de Bonferroni.

El análisis de esta prueba de desarrollo fue complementado con el análisis cualitativo de las entrevistas descrito en la sección 3.1.2, en torno a la integración visual-motriz de cada participante en cada condición, en cada fase.

6.5.3. Rendimiento motor

Para el análisis del rendimiento motor de los ejercicios de integración visual-motriz de ambas condiciones, en ambas fases, se utilizó el método de observación directa, mediante el análisis secuencial basado en eventos (ver sección 5.4.2). El esquema de codificación que se utilizó fue similar al utilizado en la evaluación formativa (Tabla 13), con la diferencia que se agregó la variable de precisión de movimiento, la cual indica qué tan preciso fue el movimiento que el participante realizó (Tabla 13). El proceso de codificación fue similar al descrito en la sección 5.4.2, donde cada evento disponible en el esquema de codificación fue codificado utilizando una plantilla en Excel, ingresando el tipo de evento (i.e., código) y la marca de tiempo en que sucedió cada evento (hora: minuto: segundo). Debido a que cada sesión consistió en un número de repeticiones predefinido (e.g., 40 repeticiones por serie, 10 brazo derecho, 10 brazo izquierdo, 20 brazos alternados), el análisis del rendimiento motor se realizó con base en cada repetición de cada ejercicio (e.g., de las 40 repeticiones de la primera serie, cuántas realizó dirigidas al objetivo, cuántas realizó no dirigidas al objetivo) (Figura 44).

	Participant	Session Mode	Observer	Time	Date	TRIAL	MOVEMENT INDEPENENCE	MOVEMENT DIRECTION	MOVEMENT PRECISION
3	P12	1 LB	AMSG	9:36:12	29-01-15	1	IND	NDM	NDM
4	P12	1 LB	AMSG	9:36:19	29-01-15	1B	NI	NI	NI
5	P12	1 LB	AMSG	9:36:22	29-01-15	2	IND	DM	SDM
6	P12	1 LB	AMSG	9:36:23	29-01-15	3	IND	DM	SDM
7	P12	1 LB	AMSG	9:36:24	29-01-15	4	IND	DM	SDM
8	P12	1 LB	AMSG	9:36:26	29-01-15	5	IND	DM	SDM
9	P12	1 LB	AMSG	9:36:27	29-01-15	6	IND	DM	SDM
10	P12	1 LB	AMSG	9:36:28	29-01-15	7	IND	DM	SDM
11	P12	1 LB	AMSG	9:36:32	29-01-15	8	IND	DM	SDM
12	P12	1 LB	AMSG	9:36:33	29-01-15	9	IND	DM	SDM
13	P12	1 LB	AMSG	9:36:36	29-01-15	10	IND	DM	SDM
14	P12	1 LB	AMSG	9:36:37	29-01-15	11	IND	DM	SDM
15	P12	1 LB	AMSG	9:36:38	29-01-15	12	IND	DM	SDM
16	P12	1 LB	AMSG	9:36:40	29-01-15	13	IND	DM	SDM
17	P12	1 LB	AMSG	9:36:41	29-01-15	14	IND	DM	SDM
18	P12	1 LB	AMSG	9:36:43	29-01-15	15	IND	DM	SDM
19	P12	1 LB	AMSG	9:36:44	29-01-15	16	IND	DM	SDM
20	P12	1 LB	AMSG	9:36:45	29-01-15	17	IND	DM	SDM
21	P12	1 LB	AMSG	9:36:46	29-01-15	0	NO	NO	NO
22	P12	1 LB	AMSG	9:36:52	29-01-15	1	NI	NI	NI
23	P12	1 LB	AMSG	9:36:53	29-01-15	2	IND	DM	SDM
24	P12	1 LB	AMSG	9:36:54	29-01-15	3	IND	DM	SDM

Figura 44. Ejemplo de plantilla en Excel, utilizada para la codificación del rendimiento motor de la evaluación sumativa.

Para cada evento disponible en el esquema de codificación del rendimiento motor, se calculó el porcentaje en ese evento de acuerdo al número total de repeticiones realizadas por sesión (e.g., 40% de los ejercicios realizados fueron dirigidos al objetivo, 60% fueron no-dirigidos).

Tabla 13. Esquema de codificación de rendimiento motor de la evaluación sumativa.

Evento/comportamiento	Definición
Rendimiento motor (Abrams et al., 1990; Gallahue & Ozmun, 1998)	
Independencia del movimiento	
Movimientos independientes	Movimientos que los participantes realizan para practicar los ejercicios de integración visual-motriz sin ayuda física por parte de las psicoterapeutas. (Código IND , por su traducción al inglés, <i>INdependent</i>)
Movimientos no independientes	Movimientos que los participantes realizan para practicar los ejercicios de integración visual-motriz con ayuda física de las psicoterapeutas. (Código NI , por su traducción al inglés, <i>No-Independent</i>).
Dirección del movimiento	
Movimientos dirigidos	Movimientos que los participantes realizan dirigiendo su brazo derecho o izquierdo hacia el objetivo visual solicitado, ya sea utilizando los soportes visuales en la pared o los soportes visuales en la pantalla (<i>i.e.</i> , botón inicio o fin). (Código DM , por su traducción al inglés, <i>Directed-Movement</i>).
Movimientos no dirigidos	Movimientos que los participantes realizan pero no dirigen su brazo derecho o izquierdo hacia el objetivo visual solicitado. (Código NDM , por su traducción al inglés, <i>No-Directed-Movement</i>).
Precisión del movimiento	
Movimientos dirigidos simples	Cuando los participantes apuntan su brazo hacia el objetivo visual solicitado, pero no lo hacen en el primer intento, siempre y cuando la dirección del brazo sea correcta. (Código SDM , por su traducción al inglés, <i>Simple-Directed-Movement</i>).
Movimientos dirigidos exactos	Cuando los participantes apuntan su brazo hacia el objetivo visual solicitado en el primer intento, <i>-i.e.</i> , detienen el movimiento del brazo exactamente en el área solicitada de la pared o la pantalla, según sea el caso. (Código ADM , por su traducción al inglés, <i>Accurate-Directed-Movement</i>).

Se analizaron los videos de las sesiones de terapia de 7 participantes, de ambas condiciones, en ambas fases; 3 del grupo de integrados/pre-académicos y 4 del grupo de pre-laborales, incluyendo los participantes considerados por las psicoterapeutas como el peor y mejor caso de cada grupo.

Se analizaron y codificaron 40 videos por cada caso, en total 280 videos correspondientes a 56 horas de grabación. Para validar diferencias significativas en el rendimiento motor entre los dos tipos de condición, en ambas fases, se aplicó una prueba *t* de Wilcoxon de rangos con signo, debido a que se determinó que los datos siguen una distribución no paramétrica (para más detalle de esta prueba, ver sección 5.4.2). Para determinar la normalidad de los datos, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para el análisis estadístico se utilizó el software R.

De la misma forma que la coordinación motriz y la integración visual-motriz, el análisis del rendimiento motor se complementó con el análisis cualitativo de las entrevistas semanales a las psicoterapeutas, buscando temas emergentes referentes a la práctica de los ejercicios de integración visual-motriz, en ambas condiciones, en ambas fases.

6.6. Resultados

A continuación se describen los resultados en términos de la coordinación motriz, integración visual-motriz y rendimiento motor. Para cada uno de estos aspectos, se discuten los resultados en torno a cada fase de evaluación: ejercicios laterales y ejercicios cruzados.

6.6.1. Coordinación motriz

6.6.1.1. Fase I: Ejercicios laterales

La puntuación de la coordinación motriz de la medición inicial (34.50), a la medición después de la condición A = tradicional laterales⁶³ (34.50), tuvo una variación de ~5%⁶⁴. No se encontró diferencia significativa entre estos dos puntos de medición de acuerdo a una prueba de ANOVA con corrección de Bonferroni ($p = 0.10923$) (Tabla 14) (Figura 45a).

⁶³ Para distinguir entre las condiciones de cada fase, de aquí en adelante se utilizan los términos descritos en la Tabla 12, para hacer referencia a cada tipo de condición.

⁶⁴ El porcentaje se calculó con base en la puntuación máxima a obtener en la prueba de desarrollo (e.g., para la prueba de la coordinación motriz, la puntuación máxima a obtener es 75, la cual representa el 100% de la puntuación).

Tabla 14. Resultados comparativos de las condiciones A = tradicional laterales y B = FroggyBobby4.0 laterales con respecto a la prueba de desarrollo de la coordinación motriz para la fase I.

Puntos de medición	Coordinación motriz	Coordinación gruesa	Coordinación fina	Coordinación general
Inicio (X)				
Promedio	30.21	11.79	8.64	9.79
SD	7.75	4.42	2.37	3.29
Tradicional laterales (A)				
Promedio	34.50	13.57	9.64	11.29
SD	8.06	3.94	2.37	3.67
FroggyBobby4.0 laterales (B)				
Promedio	41.21	16.29	11.14	13.79
SD	9.49	4.48	2.51	3.83
ANOVA	2.48E-06	1.69E-05	0.000874	0.000137
t-test + Bonferroni (XA) (p < 0.05)	0.10923	0.08694	0.3621	0.4389
t-test + Bonferroni (AB) (p < 0.05)	0.003501	0.006621	0.10365	0.019995

Las cuatro psicoterapeutas comentaron que la condición A = tradicional laterales, fue tediosa y aburrida para los niños:

“... [La condición A = tradicional laterales] fue muy tediosa, como ahorita nada más están los colores en la pared, no hay nada más, siento que no es emocionante ni divertido para ellos, si fue aburrida para ellos” Psicoterapeuta⁶⁵ de Pre-laboral 2, entrevista en condición A = tradicional laterales.

Además, tanto las psicoterapeutas del grupo de integrados/pre-académicos, como las del grupo de pre-laborales, expresaron que en la condición A = tradicional laterales, la mayoría de los participantes no querían terminar las series de ejercicios, debido a que no había ningún estímulo ni la motivación para realizar los mismos.

“pues por ejemplo como no es motivante la terapia [condición tradicional laterales] para ellos, siento que si se les hacen muchas repeticiones, como están muy largas las repeticiones, si hubo un momento que ya no querían hacerlo, yo creo que si se molestaron por eso, porque sintieron que eran muchas repeticiones” Psicoterapeuta de integrados/pre-académicos, entrevista en condición A = tradicional laterales.

⁶⁵ Para distinguir entre las cuatro psicoterapeutas: dos de ellas atienden un grupo de integrados/pre-académicos, y se hace referencia a ellas como: Psicoterapeuta de integrados/pre-académicos 1 y 2. Mientras que las otras dos dirigen un grupo de pre-laboral, y se hace referencia a ellas como: Psicoterapeuta de pre-laboral 1 y 2.

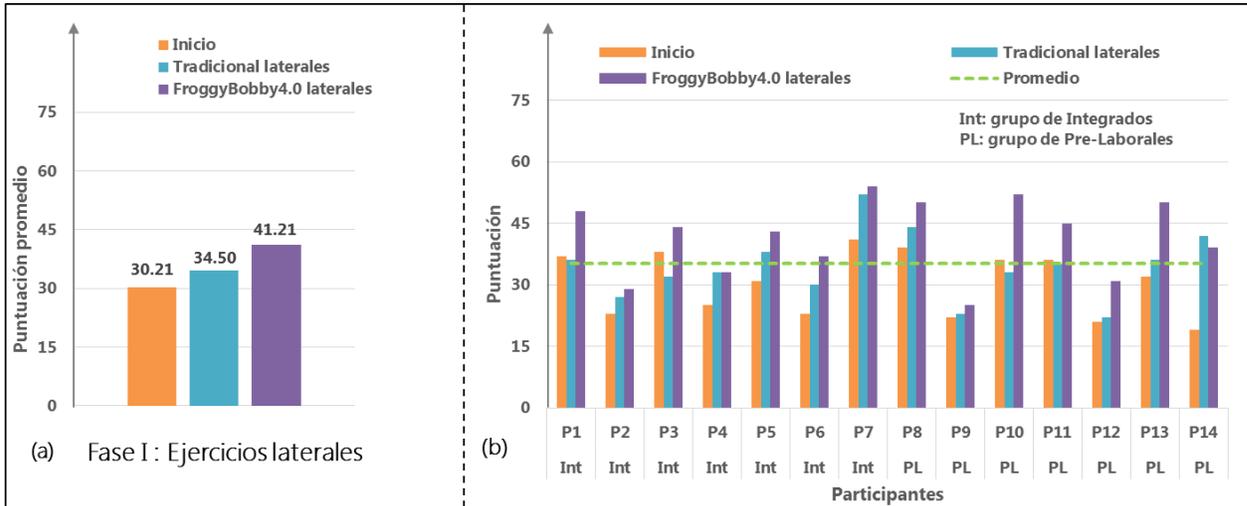


Figura 45. Puntuaciones de la medición de coordinación motriz para la fase I. (a) Puntuación promedio grupal; (b) Puntuación por participante.

Por otro lado, la medición después de la condición A = tradicional laterales (34.50), al punto de medición después del uso de FroggyBobby4.0 laterales (condición B) (41.21) aumentó significativamente en un ~9% ($p = 0.003501$) (Tabla 14) (Figura 45a).

Las cuatro psicoterapeutas comentaron que el utilizar FroggyBobby4.0 para realizar la terapia les pareció divertido y motivante a los niños:

“Yo veo que con el uso constante [de FroggyBobby4.0] les está funcionando porque el juego es una manera más creativa de ir mejorando la coordinación y de realizar la terapia, y creo que a la mayoría les pareció divertido” **Psicoterapeuta de Pre-laboral 1, entrevista en condición B = FroggyBobby4.0 laterales.**

El impacto en la coordinación motriz también fue percibido por las cuatro psicoterapeutas:

“Tanto dentro como fuera del juego, yo los he notado mejor en su coordinación, -levanta tu mano derecha, toma tal cosa, atrapa tal cosa- ya se fijan más, o a lo mejor no me lo dan instantáneamente pero ya como que la piensan un poquito antes de agarrarlo [el objeto solicitado], tardan un poquito en procesar la información, pero yo si miro mucho avance” **Psicoterapeuta de Integrados/pre-académicos 2, entrevista en condición B = FroggyBobby4.0 laterales.**

Respecto a la puntuación por participante, la mayoría de los participantes tuvieron una puntuación mayor después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales ($n = 12$), un participante se mantuvo después de ambas condiciones (P4), y un participante bajó su puntuación por dos puntos, después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales (Figura 45b).

Respecto a la coordinación motriz gruesa, no se encontró diferencia significativa entre la puntuación de la medición inicial (11.79) y la puntuación de la medición después de la condición A = tradicional laterales (13.57) ($p = 0.08694$) (Tabla 14). Por otro lado, se encontró diferencia significativa entre la medición después de la condición A = tradicional laterales (13.57) y la medición después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales (16.29) ($p = 0.006621$) (Tabla 14). El mismo comportamiento se observó en el área de coordinación general, entre la medición después de la condición A = tradicional laterales y después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales ($p = 0.019995$) (Tabla 14). En el área de motricidad fina no se encontró alguna diferencia significativa. Estos resultados muestran que para la fase I, FroggyBobby4.0 tuvo un impacto positivo, debido a que las habilidades de coordinación motriz de los participantes aumentaron significativamente después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales, en particular en coordinación motriz gruesa y general, en comparación con la terapia tradicional; tanto de forma cuantitativa, como de forma cualitativa.

6.6.1.2. Fase II: Ejercicios cruzados

La puntuación de coordinación motriz de la medición inicial (41.21), a la puntuación de la medición después de la condición A' = tradicional cruzados (44.93), tuvo una variación de ~5%. No se encontró diferencia significativa entre estos dos puntos de medición ($p = 0.0686$) (Tabla 15) (Figura 46a).

Las cuatro psicoterapeutas comentaron que los niños se familiarizaron con el lugar, facilitando la ejecución de la terapia en condición A' = tradicional cruzados, a pesar de que la seguían considerando aburrida para los niños:

“ya se familiarizaron con el lugar, ya saben a lo que tienen que ir, ya saben que vienen a hacer ejercicio, igual no les motiva y algunos se quedan divagando, o evitan la actividad, pero ya desde un principio saben lo que tienen que hacer” **Psicoterapeuta de Integrados/pre-académicos 1, entrevista en condición A'= tradicional cruzados.**

Tabla 15. Resultados comparativos de las condiciones A' = tradicional cruzados y B' = FroggyBobby4.0 cruzados, con respecto a la prueba de desarrollo de la coordinación motriz para la fase II.

Puntos de medición	Coordinación motriz	Coordinación gruesa	Coordinación fina	Coordinación general
Inicio (X)				
Promedio	41.21	16.29	11.14	13.79
SD	9.49	4.48	2.51	3.83
Tradicional cruzados (A')				
Promedio	44.93	17.43	12.43	15.07
SD	8.32	3.67	2.06	4.63
FroggyBobby4.0 cruzados (B')				
Promedio	47.14	18.00	13.57	15.57
SD	6.83	3.53	2.06	3.30
ANOVA	6.67E-05	0.03648	1.75E-06	0.0039
t-test + Bonferroni (XA') (p < 0.05)	0.0686	0.3822	0.008535	0.0855
t-test + Bonferroni (A'B') (p < 0.05)	0.2058	1.1907	0.04269	1.8393

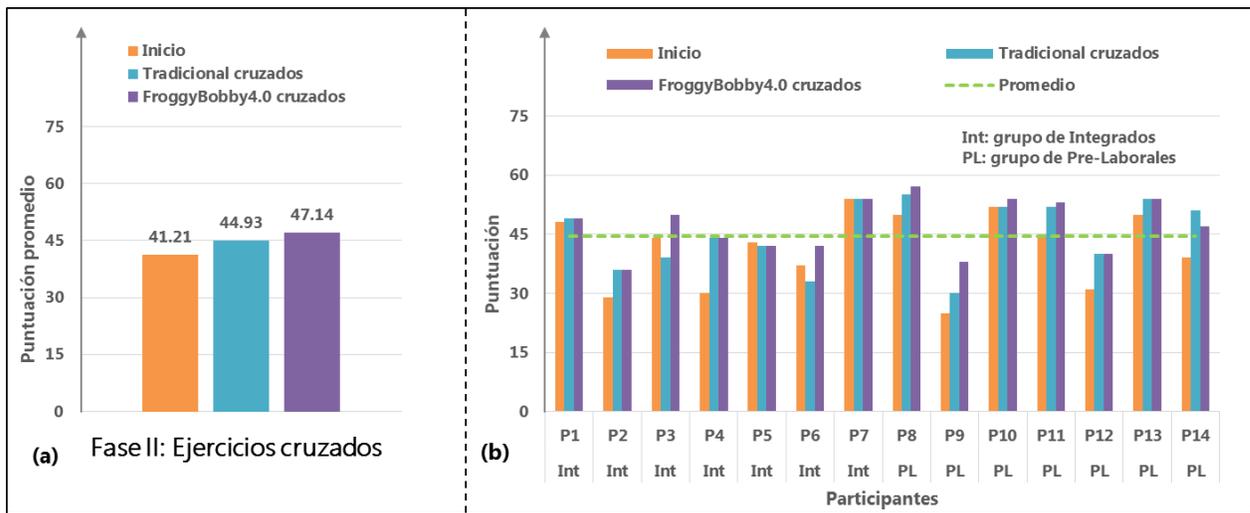


Figura 46. Puntuaciones de la medición de coordinación motriz para la fase II. (a) Puntuación promedio grupal; (b) Puntuación por participante.

Además, tres de las cuatro psicoterapeutas percibieron que los niños realizaron los ejercicios cruzados en menor tiempo en comparación con los ejercicios laterales de la fase I. Sin embargo, las cuatro psicoterapeutas estuvieron de acuerdo que la ejecución de los ejercicios cruzados en la condición A' = tradicional cruzados no fue la correcta. Los niños levantaban los brazos de una esquina a otra, rápidamente, sin fijarse en los soportes visuales de la pared. Esto con el objetivo de terminar pronto con la terapia en condición A' = tradicional cruzados, cumpliendo con el requisito de su ejecución, para regresar a su salón de clases y continuar con el resto de sus actividades diarias.

“yo me di cuenta que lo hicieron más rápido esta vez, aunque no lo hicieron correcto porque nada más levantaban el brazo y lo aventaban, ni se fijaban en los colores de la pared... fue difícil corregirles el movimiento porque ellos lo que querían era terminar, y se molestaban cuando los trataba de corregir...” **Psicoterapeuta de Pre-laboral 2, entrevista en condición A' = tradicional cruzados.**

Por otro lado, la puntuación de la coordinación motriz de la medición después de la condición A' = tradicional cruzados (44.93), a la medición después de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados (47.14) tuvo una variación de ~3%. No se encontró diferencia significativa entre estos dos puntos de medición ($p = 0.2058$) (Tabla 15).

Respecto a la coordinación motriz gruesa y general, no se encontró diferencia significativa en las mediciones inicial, después la condición A' = tradicional cruzados y después de B' = FroggyBobby4.0 cruzados (Tabla 15). En contraste, se encontró diferencia estadística en el área de coordinación fina, después de las mediciones en ambas condiciones, (inicio: 11.14, A' = tradicional cruzados: 12.43, B' = FroggyBobby4.0 cruzados: 13.57, $p = 0.008535$, $p = 0.04269$) (Tabla 15). Este resultado puede indicar que los participantes están mejorando sus habilidades de coordinación fina tanto con la terapia tradicional como con la terapia con FroggyBobby4.0. Sin embargo, más investigación es necesaria para determinar el impacto en el área de coordinación motriz fina. Lo anterior queda fuera del alcance de la presente investigación.

A pesar de que no se encontró diferencia significativa en la puntuación de la coordinación motriz después de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, las cuatro psicoterapeutas percibieron un avance en la coordinación motriz durante las sesiones de terapia con FroggyBobby4.0. Durante las sesiones de terapia en condición de B' = FroggyBobby4.0 cruzados, los niños ya estaban adaptados a la actividad, estuvieron motivados por jugar y las psicoterapeutas notaron un avance en la coordinación motriz y en los aspectos de lateralidad:

“Les fue mucho mejor, como ya tienen un antecedente del juego, aunque estos sean niveles diferentes, como que ya saben a lo que van. La postura mejoró, ya pueden manejar mejor el Kinect, y ya quieren poner los niveles ellos solos. También hubo una mejoría autodidacta, ya no tengo que estarlos redirigiendo, yo noto mejor su coordinación, -derecha, izquierda-, antes tenían el concepto pero aplicarlo se les complicaba, y ahora sí se llegan a equivocar, ellos se autocorrijen, ya no necesito darles el apoyo” **Psicoterapeuta de Pre-Laboral 1, entrevista en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados.**

Además, tres de las cuatro psicoterapeutas comentaron que durante las sesiones en la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, necesitaron brindar menos apoyos verbales para corregir el ejercicio, en comparación con la condición de tradicional laterales. Lo anterior debido a que FroggyBobby4.0 motivaba a los niños a realizar el ejercicio de integración visual-motriz. Es decir, si los niños no realizaban el ejercicio, el avatar no se comía las moscas disponibles en el patrón de movimiento, y la mayoría de los niños estuvo motivado por “atrapar” las moscas en el juego:

“A diferencia de la línea base [condición tradicional cruzados], aquí si tienen que levantar el brazo hasta arriba, y bajarlo a la esquina contraria, aquí no avientan el brazo y yo no tengo que decirles –levanta bien el brazo-, porque tienen ahí el soporte visual, y ellos ya saben que si no llegan hasta el botón, no les va a contar. No lo hacen perfecto, porque algunos giran el torso, pero si veo que van mejorando a través de las sesiones de juego...” Psicoterapeuta de Integrados/pre-académicos 1, entrevista en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados.

Respecto a la puntuación de la coordinación motriz por participante, la mayoría de los participantes mantuvo su puntuación de coordinación motriz después de la condición A' = tradicional cruzados y después de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados (Figura 46b).

6.6.1.3. Discusión

Comparando los resultados de las habilidades de coordinación motriz de los niños participantes, respecto a las dos fases del estudio, práctica de ejercicios laterales (fase I) vs cruzados (fase II); los resultados indican que para la:

- práctica de ejercicios laterales (fase I), los participantes adquirieron o mejoraron sus habilidades de coordinación motriz después del uso del FroggyBobby4.0 ($p < 0.05$); mientras que,
- para práctica de ejercicios cruzados (fase II), los participantes no mejoraron sus habilidades de coordinación motriz en ambas fases. Por el contrario, las habilidades de coordinación motriz se mantuvieron, tanto después de la terapia tradicional, como después del uso de FroggyBobby4.0.

El aprendizaje de una nueva habilidad consiste principalmente de 3 fases: adquisición, mantenimiento y generalización de la habilidad (Baine & Starr, 1991). Generalmente, el proceso de aprendizaje de una nueva habilidad en los niños con autismo, no es un

proceso incremental, es decir, puede que el niño adquiera la habilidad, pero no la mantenga, o bien, nunca llegue a generalizarla. Comúnmente, si los niños con autismo dejan de practicar una habilidad por un tiempo, puede existir un retroceso en la adquisición de la habilidad (J. L. Matson & Nebel-Schwalm, 2007; Mostofsky, Goldberg, Landa, & Denckla, 2000). De acuerdo a las características del proceso de aprendizaje en autismo, este resultado es muy interesante, ya que muestra que los niños no retrocedieron en sus habilidades de coordinación motriz, a pesar de no llevar ningún tipo de terapia durante dos semanas.

En resumen, estos resultados indican que los niños con autismo mejoran su coordinación motriz en un 9% cuando utilizan FroggyBobby4.0 practicando ejercicios laterales, en comparación a la terapia tradicional (5%).

A pesar de que las cuatro psicoterapeutas percibieron un impacto en la coordinación motriz cuando los niños practicaban los ejercicios cruzados, tanto después de la condición A' = tradicional cruzados, como después de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, los resultados cuantitativos indican que los niños mantuvieron las habilidades de coordinación motriz, durante ambas condiciones. Sin embargo, las psicoterapeutas percibieron que los niños mejoraron la ejecución correcta de los ejercicios cruzados de mejor manera cuando utilizaban FroggyBobby4.0 que con la terapia tradicional. Además, expresaron que los niños estuvieron más motivados al utilizar FroggyBobby4.0.

6.6.2. Integración visual-motriz

6.6.2.1. Fase I: Ejercicios laterales

Los resultados indican que existe una variación del ~4% entre la puntuación de las habilidades de integración visual-motriz de los participantes de la medición inicial (22.57) y la puntuación de la medición después de la condición A = tradicional laterales (24.00) (Tabla 16) (Figura 47a). Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre ambas puntuaciones de acuerdo a una prueba de ANOVA con corrección de Bonferroni ($p = 0.1891$). Este resultado indica que las puntuaciones de las habilidades de integración visual-motriz de los participantes se mantuvieron antes y después de realizar los ejercicios laterales con la terapia tradicional.

Tabla 16. Resultados comparativos de las condiciones A = tradicional laterales y B = FroggyBobby4.0 laterales, con respecto a la prueba de desarrollo de integración visual-motriz para la fase I.

Puntos de medición	Integración visual-motriz	Integración visual-motriz Gruesa	Integración visual-motriz Fina
Inicio (X)			
Promedio	22.57	10.43	12.14
SD	9.51	4.89	5.05
Tradicional laterales (A)			
Promedio	24.00	11.50	12.50
SD	10.30	5.52	5.12
FroggyBobby4.0 laterales (B)			
Promedio	27.00	13.57	13.43
SD	9.12	5.24	4.16
ANOVA	0.000906	0.000234	6.36E-05
t-test + Bonferroni (XA) (p < 0.05)	0.1891	0.1277	0.6474
t-test + Bonferroni (AB) (p < 0.05)	0.01847	0.01557	0.013857

Las cuatro psicoterapeutas comentaron que la mayoría de los niños tuvieron dificultades para practicar los ejercicios de integración visual-motriz correctamente en la condición A = tradicional laterales, debido a que la mayoría de los niños no utilizaron los soportes visuales en la pared:

“En la viso-motricidad es donde se les complicó más, porque para ellos visualmente era nada más la cartulina, no era hasta arriba, o era hasta abajo, no había un patrón que seguir... realmente si se les dificultó ese movimiento de hasta arriba, y abajo, porque visualmente no sabían hasta dónde.” Psicoterapeuta de Integrados/pre-académicos 2, entrevista en condición A = tradicional laterales.

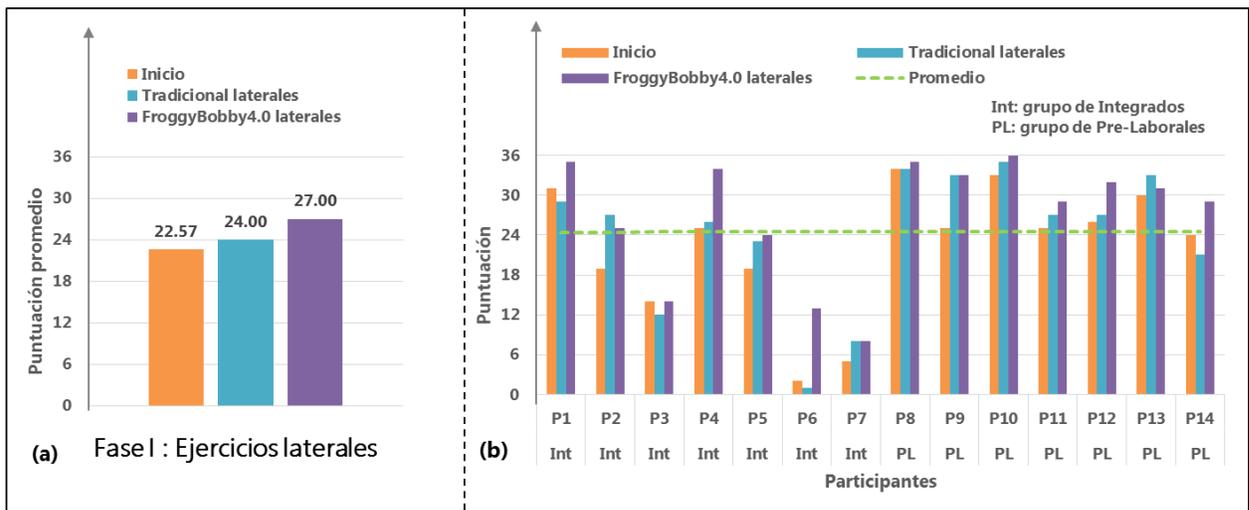


Figura 47. Puntuaciones de la medición de integración visual-motriz para la fase I. (a) Puntuación promedio grupal; (b) Puntuación por participante.

Después de la condición A = tradicional laterales (24.00) y después de utilizar FroggyBobby4.0 laterales (27.00) (condición B), la puntuación de integración visual-motriz aumentó significativamente en un ~8% ($p = 0.01847$) (Tabla 16).

Las cuatro psicoterapeutas percibieron que en la condición B = FroggyBobby4.0 laterales, los niños tardaron más tiempo en la ejecución de los ejercicios, debido a que a diferencia de la condición A = tradicional laterales, FroggyBobby4.0 demanda que los niños levanten sus brazos hacia un área determinada de la pantalla, siguiendo los patrones de las moscas. Lo que conlleva a que los niños realicen los ejercicios con más precisión, tomándoles más tiempo en cada repetición. Las cuatro psicoterapeutas percibieron que a través de las sesiones de juego, FroggyBobby4.0 apoyó a los niños en las habilidades de integración visual-motriz:

“Es que con la línea base [condición A = tradicional laterales], [los niños] sólo hacían esto [la psicoterapeuta avienta el brazo de arriba a abajo], no tenían que llegar hasta arriba, y para ellos así les contaba la repetición, pero el juego está impactando en eso de es -hasta arriba, hasta abajo... y no te deja seguir si no lo haces bien, entonces los niños piensan -yo no quiero hacerlo mal, yo quiero avanzar y ganar puntos, entonces me fijo bien que tengo que llegar arriba y abajo, siguiendo las mosquitas-, eso es algo muy positivo para ellos” **Psicoterapeuta de Pre-laboral 1, entrevista en condición B = FroggyBobby4.0 laterales.**

Respecto a la puntuación por participante, la Figura 47b muestra que la mayoría de los participantes tuvieron una puntuación mayor después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales ($n=10$). Dos participantes se mantuvieron después de la condición A = tradicional laterales y después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales (P7 y P9). Finalmente, dos participantes disminuyeron su puntuación por dos puntos después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales (P2 y P13).

6.6.2.2. Fase II: Ejercicios cruzados

La puntuación de las habilidades de integración visual-motriz de la medición inicial (27.00), a la medición después de la condición A' = tradicional cruzados (27.36), tuvo una variación de ~1% (Tabla 17) (Figura 48a). No se encontró diferencia significativa entre estos dos puntos de medición ($p = 0.6297$).

Tabla 17. Resultados comparativos de las condiciones A' = tradicional cruzados y B' = FroggyBobby4.0 cruzados, con respecto a la prueba de desarrollo de integración visual-motriz para la fase II.

Puntos de medición	Integración visual-motriz	Integración visual-motriz	Integración visual-motriz
		Gruesa	Fina
Inicio (X)	27.00	13.57	13.43
Promedio	9.12	5.24	4.16
SD			
Tradicional cruzados (A')			
Promedio	27.36	13.71	13.36
SD	8.84	4.30	4.71
FroggyBobby4.0 cruzados (B')			
Promedio	28.07	13.71	14.36
SD	8.34	4.50	4.07
ANOVA	0.368264	0.948219	0.813648
t-test + Bonferroni (XA') (p < 0.05)	0.6297	0.7929	0.8826
t-test + Bonferroni (A'B') (p < 0.05)	0.3146	1	0.5661

De igual forma que en la fase I, las cuatro psicoterapeutas observaron que la condición de tradicional cruzados fue aburrida para los niños. Además, todas las psicoterapeutas percibieron que la integración visual-motriz no fue totalmente apoyada con la terapia en la condición A' = tradicional cruzados, debido a que los niños no atendían los soportes visuales en la pared, por terminar pronto la sesión:

“...solo hacen los ejercicios [cruzados] por terminar, no se fijan en los estímulos de la pared, y tengo que estar corrigiendo [a los niños al ejecutar los ejercicios], hay unos [niños] que cuando les corrijo si lo hacen un poco más preciso, pero luego se aburren y lo vuelven hacer mal, es que ellos quieren hacer rápido [los ejercicios] para acabar [la sesión], y ahí es cuando se les dice - más despacio, fíjate en la pared-...” **Psicoterapeuta de Integrados/pre-académicos 1, entrevista en condición A' = tradicional cruzados.**

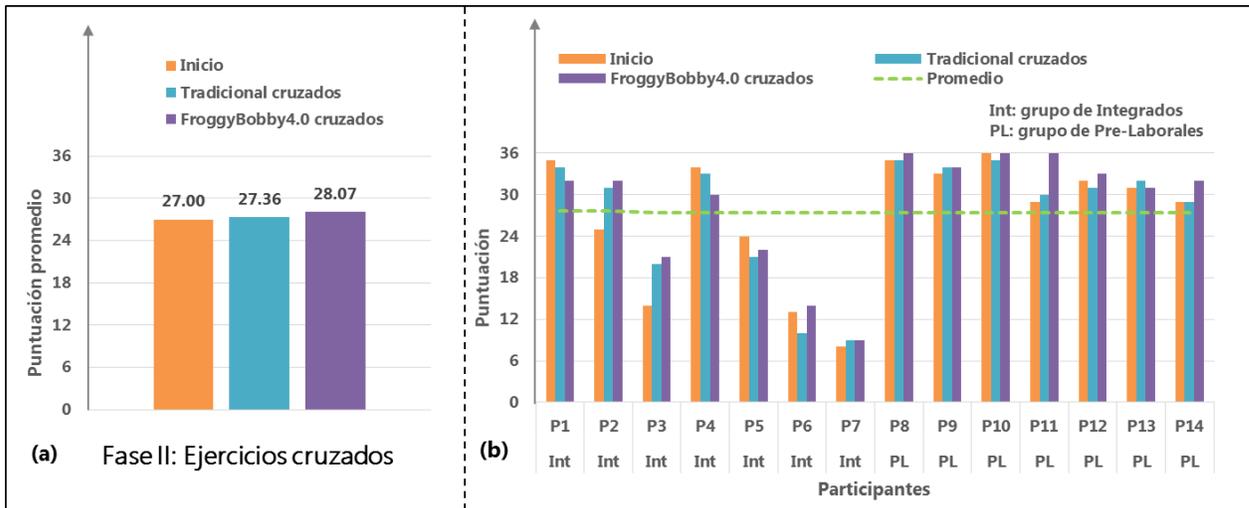


Figura 48. Puntuaciones de la medición de integración visual-motriz para la fase II. (a) Puntuación promedio grupal; (b) Puntuación por participante.

Las habilidades de integración visual motriz en la medición después de la condición A' = tradicional cruzados (27.36), y las de la medición después de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados (28.07), tuvieron una variación del ~2%. No existe diferencia significativa entre estos dos puntos de medición ($p = 0.3146$) (Tabla 17). Estos resultados indican que para la fase II, las habilidades de integración visual-motriz se mantuvieron después de ambas condiciones. Sin embargo, las cuatro psicoterapeutas comentaron que la mayoría de los niños se esforzaron por seguir los patrones de las moscas, y que los niños estiraban más sus brazos para alcanzar los botones de forma más precisa en la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados. Además, comentaron, que fue más fácil realizar la terapia en la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, ya que brindaron menos correcciones sobre la ejecución de los ejercicios, en comparación con la condición A' = tradicional cruzados.

“Lo que a mí me llamó mucho la atención es que esta vez no aventaron el brazo, que estiraron más el brazo, para mí si fue muy notorio ese movimiento, que se detenían con cuidado, y no lo aventaban [refiriéndose al brazo], y se esforzaban por comerse todas las moscas, aunque el patrón fue diferente, ellos ya sabían que se tenían que comerse las moscas” Psicoterapeuta de Pre-laboral 1, entrevista en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados.

La Figura 48b muestra que la mayoría de los participantes tuvieron una puntuación mayor de habilidades de integración visual-motriz después de la terapia en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados ($n = 8$). Dos participantes se mantuvieron después de la condición A' = tradicional cruzados y después de la condición B' = FroggyBobby cruzados

(P7 y P9). Mientras que tres participantes disminuyeron su puntaje después de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados (P1, P4 y P13). Aunque el decremento fue de 1 a 2 puntos en cada uno de estos casos, es necesario realizar un análisis de caso de estos participantes, para entender a más detalle las implicaciones de este resultado, lo cual se propone como trabajo a futuro de este trabajo de investigación.

6.6.3. Integración visual-motriz gruesa

Se analizó la prueba de desarrollo de integración visual-motriz revisando los trazos que se realizaron en el pizarrón. Esto con el objetivo de investigar si FroggyBobby4.0 es útil para apoyar la integración visual-motriz gruesa, en comparación con la terapia tradicional.

6.6.3.1. Fase I: Ejercicios laterales

Los resultados de esta prueba indican que entre la puntuación de las habilidades de integración visual-motriz gruesa de la medición inicial (10.43), y la puntuación de la medición realizada después de la condición A = tradicional laterales (11.50), hubo una variación del ~6%. No se encontró diferencia significativa entre estos dos puntos de medición ($p = 0.1277$) (Tabla 16) (Figura 49a).

Mientras que la puntuación después de la condición de tradicional laterales (11.50), a la puntuación de la medición después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales (13.57) aumentó significativamente un ~11% ($p = 0.01557$) (Tabla 16). Para el caso de la integración visual-motriz gruesa, dos de las cuatro psicoterapeutas comentaron que después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales, observaron que algunos niños, alrededor de cuatro, estaban mejorando su integración visual-motriz gruesa, incluso fuera del salón de terapia. Por ejemplo, cuando se les solicitaba que alcanzaran algún objeto, y cuando se les daba la instrucción usando conceptos de lateralidad (e.g., -P14 toma el material con tu mano *derecha* que se encuentra *arriba* de la caja del rompecabezas-).

“Cuando estaba haciendo la tercera evaluación [después de condición B = FroggyBobby4.0 laterales], yo los noté mucho mejor en esas cuestiones de izquierda, derecha, arriba, abajo. Además que cuando se les pide algo en el salón [de clases], se les dice -con tu mano derecha vas a tomar el cuaderno que está arriba del mueble-, entonces yo si los vi más fluidos en ese aspecto, sobre todo con P14 que era la que no se fijaba, no lo identificaba bien en su persona respecto a otros objetos, y ya esta vez lo empezó a identificar” **Psicoterapeuta de Pre-laboral 2, entrevista en condición B = FroggyBobby4.0 laterales.**

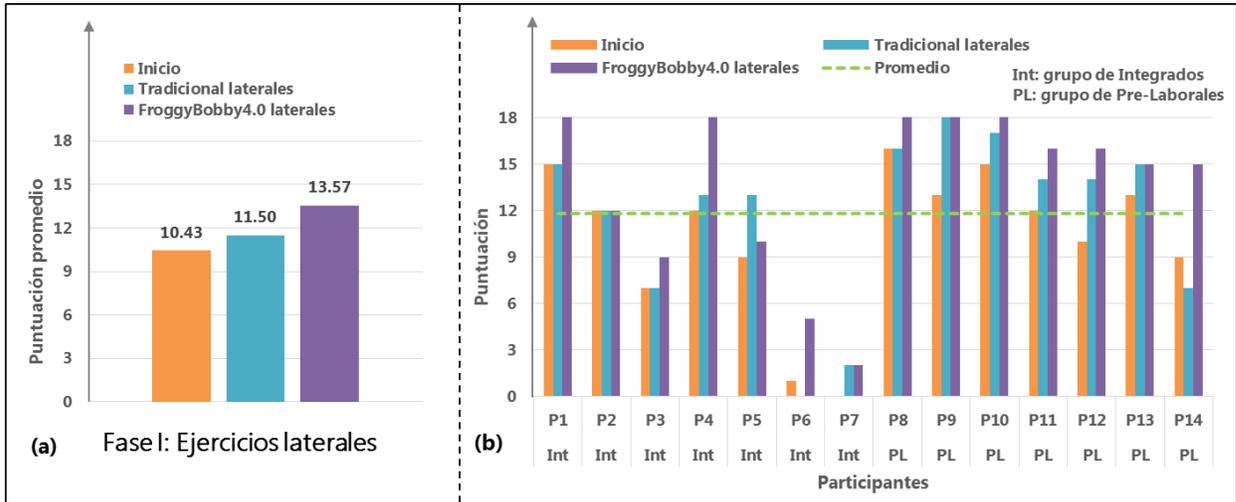


Figura 49. Puntuaciones de la medición de integración visual-motriz gruesa para la fase I. (a) Puntuación promedio grupal; (b) Puntuación por participante.

La mayoría de los participantes tuvieron una puntuación mayor después de la terapia en condición B = FroggyBobby4.0 laterales ($n=9$) (Figura 49b). Cuatro participantes se mantuvieron después de la condición A = tradicional laterales y después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales (P2, P7, P9 y P13), y un participante disminuyó su puntaje por tres puntos después de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales (P5).

6.6.3.2. Fase II: Ejercicios cruzados

De la puntuación de la medición inicial de habilidades de integración visual-motriz gruesa (13.57), a la puntuación de la medición después de la condición B' = tradicional cruzados (13.71), existe una variación del ~1% (Figura 50a). No se encontró diferencia significativa entre estos dos puntos de medición ($p=0.7929$) (Tabla 17), es decir, las habilidades de integración visual-motriz gruesa, se mantuvieron antes y después de la condición A' = tradicional cruzados.

De igual forma, la puntuación después de la condición A' = tradicional cruzados (13.71), a la puntuación de la medición después de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados (13.71), se mantuvo, es decir no hubo variación entre ambas puntuaciones. No existe diferencia significativa entre estos dos puntos de medición ($p=1$) (Tabla 17). Los resultados indican que al igual que las habilidades de coordinación motriz, las habilidades de integración visual-motriz gruesa, se mantuvieron para la fase II. Sin embargo, similar a la fase I, dos de las cuatro psicoterapeutas percibieron que los niños estaban mejorando

su integración visual-motriz gruesa en la fase II, durante la terapia en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados:

“Por ejemplo P5, él ni siquiera hacía solo los ejercicios laterales, ahora en esta fase [II] ya los comenzó a realizar él solito [con la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados], se fija e intenta seguir el patrón para comerse las mosquitas, no lo hace perfecto pero por lo menos intenta seguir el patrón...” **Psicoterapeuta de Integrados/pre-académicos 1, entrevista en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados.**

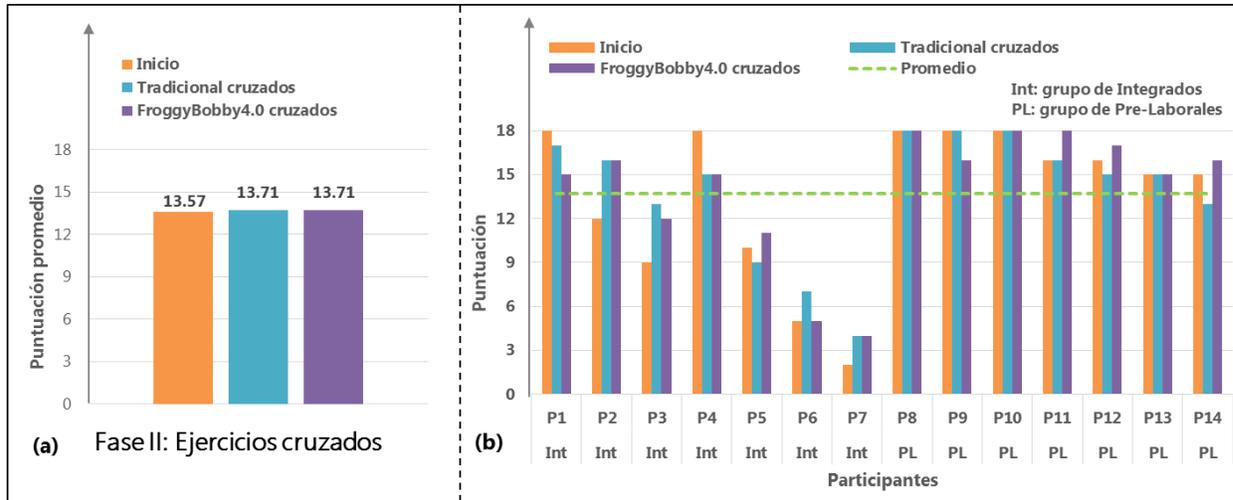


Figura 50. Puntuaciones de la medición de integración visual-motriz gruesa para la fase II. (a) Puntuación promedio grupal; (b) Puntuación por participante.

Cuatro participantes tuvieron una puntuación mayor de integración visual-motriz gruesa después de la terapia en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados (P5, P11, P12 y P14) (Figura 50b). Seis participantes se mantuvieron después de condición A' = tradicional cruzados y después de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados (P2, P4, P7, P8, P10 y P13), mientras que cuatro participantes disminuyeron su puntuación por 2 o 3 puntos, después de la terapia en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados (P1, P3, P6 y P9).

6.6.3.3. Discusión

Comparando los resultados de las habilidades de integración visual-motriz de los participantes, respecto a las dos fases del estudio, práctica de ejercicios laterales (fase I) vs cruzados (fase II); los resultados indican que para la:

- fase I, los participantes adquirieron o mejoraron sus habilidades de integración visual-motriz general y gruesa, después del uso del FroggyBobby4.0 ($p < 0.05$); mientras que,
- para la fase II, los participantes mantuvieron sus habilidades de integración visual-motriz general y gruesa, tanto después de la terapia tradicional, como después del uso de FroggyBobby4.0.

En resumen, estos resultados indican que los niños con autismo mejoran su integración visual-motriz general en un 8% y gruesa en un 11%, cuando utilizan FroggyBobby4.0 para practicar ejercicios laterales, en comparación a la terapia tradicional (integración visual-motriz general: 4%, gruesa: 6%).

Si bien, los niños participantes mantuvieron las habilidades de integración visual-motriz tanto general como gruesa, en ambas condiciones, durante la fase II, es importante resaltar que las cuatro psicoterapeutas percibieron un avance mayor en estas habilidades, después de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados. El avance lo notaron en la ejecución de algunas actividades que requieren de habilidades de integración visual-motriz, como por ejemplo alcanzar un objeto, siguiendo instrucciones verbales por parte de la psicoterapeuta. Esto es relevante dadas las características de la población de autismo, donde el proceso de desarrollo de esta población, es diferente al desarrollo de los niños neurotípicos (Heflin & Alberto, 2001), y el aprendizaje o mejora de una habilidad en particular, puede ser adquirido en un periodo regularmente extenso. Las psicoterapeutas participantes comentaron que regularmente duran meses, incluso todo el ciclo escolar, trabajando con los niños con autismo en el aprendizaje de una habilidad y en la mayoría de los casos, no perciben una mejora en esa habilidad a corto plazo. Por lo que continúan trabajando la habilidad en el siguiente ciclo escolar. Así, los resultados cualitativos sobre el avance percibido por las cuatro psicoterapeutas, en las habilidades de integración visual-motriz después de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, son de gran importancia, a pesar de que los resultados no hayan sido cuantitativamente significativos.

Además, los resultados cuantitativos de la fase II, donde los participantes mantuvieron sus habilidades de integración visual-motriz en ambas condiciones, pueden ser indicio de que el aprendizaje de las habilidades de integración visual-motriz de la fase I

(alcanzado mayormente con la terapia en condición A = FroggyBobby4.0 laterales, $p < 0.05$), fue adquirido por cada participante (de acuerdo a su nivel de desarrollo) y se encuentra en etapa de mantenimiento, donde los niños adquieren o mejoran una habilidad, la mantienen por un periodo consecutivo de tiempo, y posteriormente la generalizan a otros contextos (Baine & Starr, 1991; J. L. Matson & Nebel-Schwalm, 2007). Para corroborar este resultado, es necesario realizar un análisis más profundo respecto a si los niños fueron capaces de generalizar estas habilidades de integración visual-motriz a otros contextos.

6.6.4. Rendimiento motor

En total, se analizaron y codificaron cerca del 50% de los videos (280 videos de un total de 590) de las sesiones de terapia (~56 horas), incluyendo las sesiones de terapia tradicional y terapia con FroggyBobby4.0. Este conjunto de datos corresponde a 7 participantes; 3 del grupo de integrados/pre-académicos y 4 del grupo de pre-laborales (Tabla 18).

A continuación se presenta el análisis del rendimiento motor en términos de independencia de movimiento (i.e., independientes vs. no independientes), dirección del movimiento (i.e., dirigidos vs no dirigidos) y precisión del movimiento (i.e., exactos vs simples) (Tabla 13), en ambas condiciones, por cada fase. Primero, se presenta el análisis de los 7 participantes. Posteriormente, se ejemplifica con dos casos, el detalle del rendimiento motor por cada sesión en cada condición; un participante del grupo de integrados/pre-académicos, y un participante del grupo de pre-laborales.

Tabla 18. Detalle de participantes para el análisis del rendimiento motor de la evaluación sumativa.

#	Edad	Sexo	Funcionalidad	Grupo	Caso
P2	5	M	Baja	Integrados	Peor
P4	7	M	Media	Integrados	Mejor
P6	7	M	Baja	Integrados	Peor
P9	13	M	Baja	Pre-laboral (PL)	Peor
P10	10	M	Media	Pre-laboral (PL)	Mejor
P11	12	M	Media	Pre-laboral (PL)	Mejor
P12	12	F	Baja	Pre-laboral (PL)	Peor
Promedio	9.43				
SD	3.10				

6.6.4.1. Fase I: Ejercicios laterales

Independencia del movimiento

En promedio, de los movimientos que los participantes realizaron para llevar a cabo los ejercicios de integración visual-motriz, 79.96% fueron movimientos independientes para la condición A = tradicional laterales, en comparación con 84.41% para la condición B = FroggyBobby4.0 laterales. No se encontró diferencia significativa entre los movimientos independientes realizados con la condición A = tradicional laterales y aquellos realizados con FroggyBobby4.0 laterales ($p=0.25$) (Tabla 19) (Figura 51a).

Tabla 19. Resultados comparativos de las condiciones A = tradicional laterales y B = FroggyBobby4.0 laterales, con respecto al rendimiento motor para la fase I.

Condición	Independencia del movimiento		Dirección del movimiento		Precisión del movimiento	
	Movimientos independientes	Movimientos no independientes	Movimientos dirigidos	Movimientos no dirigidos	Movimientos dirigidos simples	Movimientos dirigidos exactos
Tradicional laterales						
Promedio	79.96%	20.04%	81.55%	18.45%	86.55%	13.45%
SD	34.07%	34.07%	21.13%	21.13%	15.20%	12.05%
FroggyBobby4.0 laterales						
Promedio	84.41%	15.59%	95.03%	4.97%	65.80%	34.20%
SD	26.16%	26.16%	8.39%	8.39%	30.39%	30.39%
Wilcoxon Test ($\alpha=0.05$)	0.25	0.25	0.03125	0.03125	0.04688	0.04688

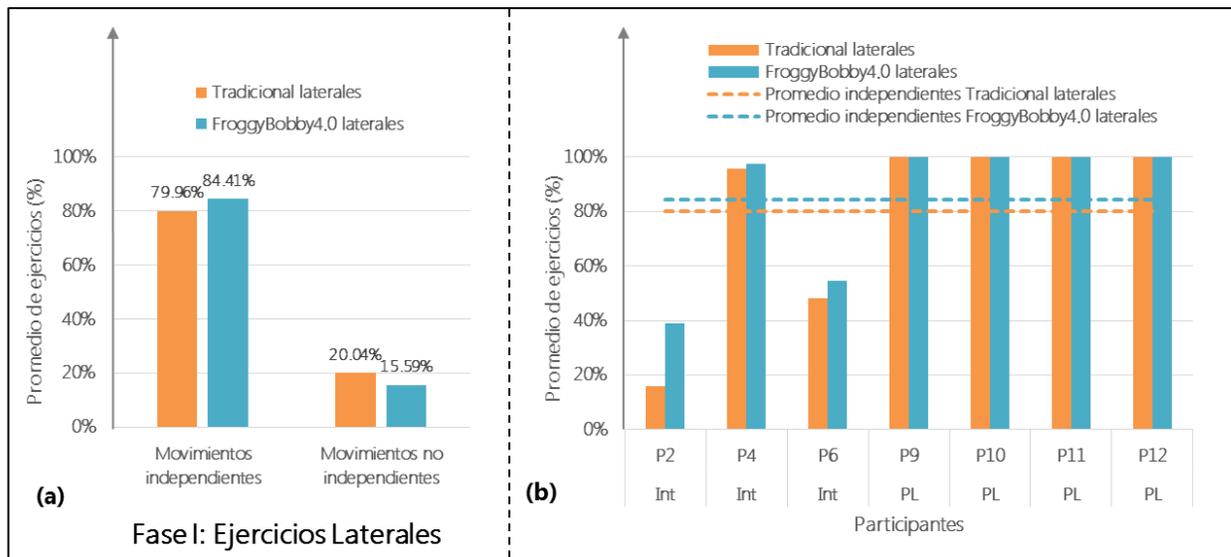


Figura 51. Porcentajes de la independencia de movimiento en ambas condiciones para la fase I. (a) Porcentaje promedio de movimientos independientes y movimientos no independientes en cada condición; (b) Porcentaje promedio de movimientos independientes por participante en cada condición.

El porcentaje de los movimientos independientes en ambas condiciones para cinco de los participantes (P4, P9, P10, P11 y P12) fueron similares (Figura 51b). Sin embargo, dos de los siete participantes tienen porcentajes por debajo del promedio (P2 y P6). Estos últimos participantes pertenecen al grupo de integrados/pre-académicos y ambos son de baja funcionalidad. Además, ambos tienen problemas de coordinación motriz y de integración visual-motriz severos, necesitando ayuda física por parte de las psicoterapeutas en más del 50% de los movimientos que realizaron. Sin embargo, en ambos casos, los participantes realizaron un mayor porcentaje de movimientos independientes con la terapia en condición B = FroggyBobby4.0 laterales.

El análisis cualitativo mostró que las psicoterapeutas de P2 y P6 percibieron haber brindado menos apoyo físico en la condición B = FroggyBobby4.0 laterales.

“...yo siento que esta vez [con la condición B = FroggyBobby4.0 laterales] sí fue más, como si ellos lo hicieron solos, casi no fue tanto apoyo físico, más bien fue de estarles reforzando, -ah muy bien, te comiste las mosquitas- si hubo veces que si ocupaban apoyo [físico], pero siento que fue menos...” –**Psicoterapeuta de Integrados/pre-académicos 2, entrevista en condición B = FroggyBobby4.0 laterales.**

Dirección del movimiento

De los movimientos que los siete participantes realizaron independientes (79.96% condición A = tradicional laterales vs 84.41% condición B = FroggyBobby4.0 laterales), el 81.55% fueron movimientos dirigidos y el 18.45% movimientos no dirigidos para la condición A = tradicional laterales (Figura 52a). Para el caso de la condición B = FroggyBobby4.0 laterales, el 95.03% fueron movimientos dirigidos, mientras que el 4.97% fueron movimientos no dirigidos. La prueba t de Wilcoxon de rangos con signo para un $\alpha = 0.05$, mostró diferencia significativa entre el porcentaje de los movimientos dirigidos en la condición A = tradicional laterales (81.55%) y la condición B = FroggyBobby4.0 laterales (95.03%) ($p = 0.03125$) (Tabla 19) (Figura 52a).

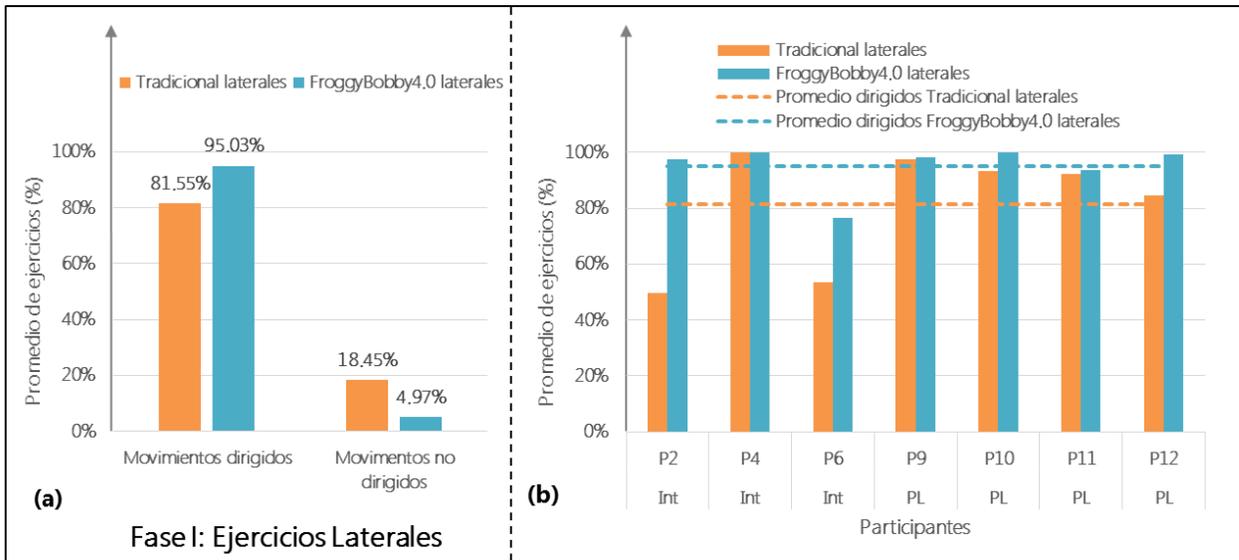


Figura 52. Porcentajes de la dirección de movimiento en ambas condiciones para la fase I. (a) Porcentaje promedio de movimientos dirigidos y movimiento no dirigidos, en cada condición; (b) Porcentaje promedio de movimientos dirigidos por participante, en cada condición.

Seis de los siete participantes tuvieron un porcentaje mayor de movimientos dirigidos en la condición B = FroggyBobby4.0 laterales, a excepción de P4, donde los movimientos dirigidos fueron similares en ambas condiciones (Figura 52b).

Respecto a los movimientos dirigidos, las cuatro psicoterapeutas expresaron que durante la condición B = FroggyBobby4.0 laterales, los participantes dirigieron más sus movimientos debido a que FroggyBobby4.0 los motiva a llevar a cabo los ejercicios de integración visual-motriz (i.e., el avatar saca la lengua cuando toca el botón de arriba, y mete la lengua cuando toca el botón de abajo). Además, percibieron que los participantes estaban más motivados por realizar los ejercicios en la condición B = FroggyBobby4.0 laterales:

“...en la motricidad les ha ido mejor [con la condición de FroggyBobby4.0 laterales], porque muchos [de los niños participantes] no son coordinados [motrizmente], todavía son deficientes en ese aspecto, pero siento que con el juego les fue mejor en el movimiento, pues el juego les motiva a dirigir el movimiento de arriba-abajo...” – Psicoterapeuta de Pre-laboral 1, entrevista en condición B = FroggyBobby4.0 laterales.

Precisión del movimiento

Del porcentaje de movimientos dirigidos, del 81.55% de la condición A = tradicional laterales, el 12.86% fueron movimientos dirigidos exactos y el 83.57% movimientos dirigidos simples, (Figura 53a). Para la condición B = FroggyBobby4.0 laterales, del

95.03%, el 34.20% fueron movimientos dirigidos exactos, mientras que el 65.80% fueron movimientos dirigidos simples. El análisis estadístico mostró una diferencia significativa entre el porcentaje de movimientos dirigidos exactos de la condición A = tradicional laterales (12.86%) y la condición B = FroggyBobby4.0 laterales (34.20%) ($p = 0.04688$) (Tabla 19) (Figura 53a).

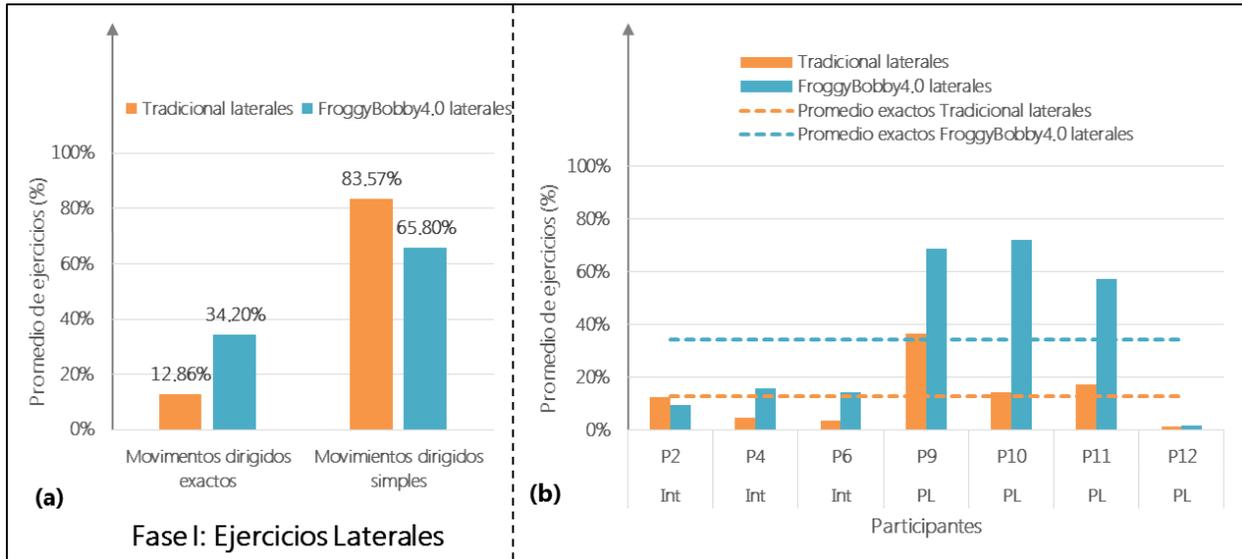


Figura 53. Porcentajes de la precisión de movimiento en ambas condiciones para la fase I. (a) Porcentaje promedio de movimientos exactos y movimientos simples, en cada condición; (b) Porcentaje promedio de movimientos exactos por participante, en cada condición.

Cinco de los siete participantes tuvieron un porcentaje mayor de movimientos dirigidos exactos en la condición B = FroggyBobby4.0 laterales (P4, P6, P9, P10, y P11) (Figura 53b). Mientras que P2 y P12 tuvieron porcentajes similares en ambas condiciones. Se puede observar que los participantes pertenecientes al grupo de pre-laborales tuvieron un porcentaje mayor de movimientos dirigidos exactos, en comparación con los participantes del grupo de integrados/pre-académicos, los cuales estuvieron por debajo de los promedios de ambas condiciones (con excepción de P12). Este resultado muestra que los participantes de pre-laboral tienen las habilidades de integración visual-motriz más desarrolladas, en comparación con los participantes del otro grupo. Sin embargo, la excepción es P12, considerado por las psicoterapeutas como uno de los peores casos respecto a la integración visual-motriz. A pesar de que los movimientos de P12 fueron mayormente dirigidos, la precisión del movimiento no fue la correcta debido a que en ambas condiciones, P12 realizaba los movimientos “aventando” los brazos (hacia la

dirección correcta), pero no se detenía en el lugar adecuado, es decir, en el estímulo visual solicitado.

Sobre la precisión del movimiento, el análisis cualitativo mostró que las cuatro psicoterapeutas percibieron que la mayoría de los participantes tomó consciencia de sus movimientos a través de las sesiones con FroggyBobby4.0. Es decir, los participantes tuvieron más precisión en el movimiento en la condición B = FroggyBobby4.0 laterales, debido a que a diferencia de la condición A = tradicional laterales, los participantes no levantaban los brazos rápidamente para realizar los ejercicios. Por el contrario, los participantes se percataron hasta dónde tenían que levantar el brazo, para lograr que el avatar sacara la lengua para comer las moscas:

“...yo veo que les fue mejor con el juego, si noté que ya hacían mejor el movimiento de arriba y abajo, antes [condición A = tradicional laterales] solo aventaban los brazos, y ahora si ya lo levantan y lo bajan con más cuidado, ya se están dando cuenta de que si lo hacen derecho, se comen todas las moscas, y ahora si toleraron las 3 series de ejercicios” –Psicoterapeuta de Integrados/pre-académicos 1, entrevista en condición B = FroggyBobby4.0 laterales.

6.6.4.2. Fase II: Ejercicios cruzados

Independencia del movimiento

De la misma forma que en las pruebas de desarrollo de coordinación motriz e integración visual-motriz, durante la fase II, los participantes mantuvieron las habilidades de integración visual-motriz adquiridas o mejoradas en la fase I (% movimientos dirigidos exactos: $p < 0.05$), en ambas condiciones. De los movimientos realizados por los participantes para llevar a cabo los ejercicios de integración visual motriz cruzados, el 88.76% fueron movimientos independientes, mientras que el 11.24% fueron movimientos no independientes, para la condición A' = tradicional cruzados. Para la condición de B' = FroggyBobby4.0 cruzados, el 83.50% fueron movimientos independientes y el 16.50% movimientos no independientes. El análisis estadístico entre ambas condiciones para el porcentaje de movimientos independientes no mostró diferencia significativa ($p = 0.4185$) (Tabla 20) (Figura 54a).

Tabla 20. Resultados comparativos de las condiciones A' = tradicional cruzados y B' = FroggyBobby4.0 cruzados, con respecto al rendimiento motor para la fase II.

Condición	Independencia del movimiento		Dirección del movimiento		Precisión del movimiento	
	Movimientos independientes	Movimientos no independientes	Movimientos dirigidos	Movimientos no dirigidos	Movimientos dirigidos simples	Movimientos dirigidos exactos
Tradicional cruzados						
Promedio	88.76%	11.24%	94.68%	5.32%	74.92%	25.08%
SD	19.64%	19.64%	7.91%	7.91%	20.02%	20.02%
FroggyBobby4.0 cruzados						
Promedio	83.50%	16.50%	93.70%	6.30%	75.91%	24.09%
SD	29.16%	29.16%	6.73%	6.73%	21.02%	21.02%
Wilcoxon Test ($\alpha=0.05$)	0.4185	0.4185	0.6875	0.6875	0.6875	0.6875

P2 y P6, participantes del grupo de integrados/pre-académicos, tuvieron un porcentaje mayor de movimientos independientes en la condición A' = tradicional cruzados (Figura 54b). Esto significa que para la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, necesitaron más ayuda física para realizar los ejercicios motrices en comparación con la terapia tradicional. Este resultado indica que la dificultad de los ejercicios cruzados con FroggyBobby4.0 tal vez no fue adecuada para P2 y P6, debido a que les costó más trabajo en términos de independencia de movimiento en comparación con la terapia tradicional. Los porcentajes de los demás participantes fueron similares en ambas condiciones (Figura 54b).

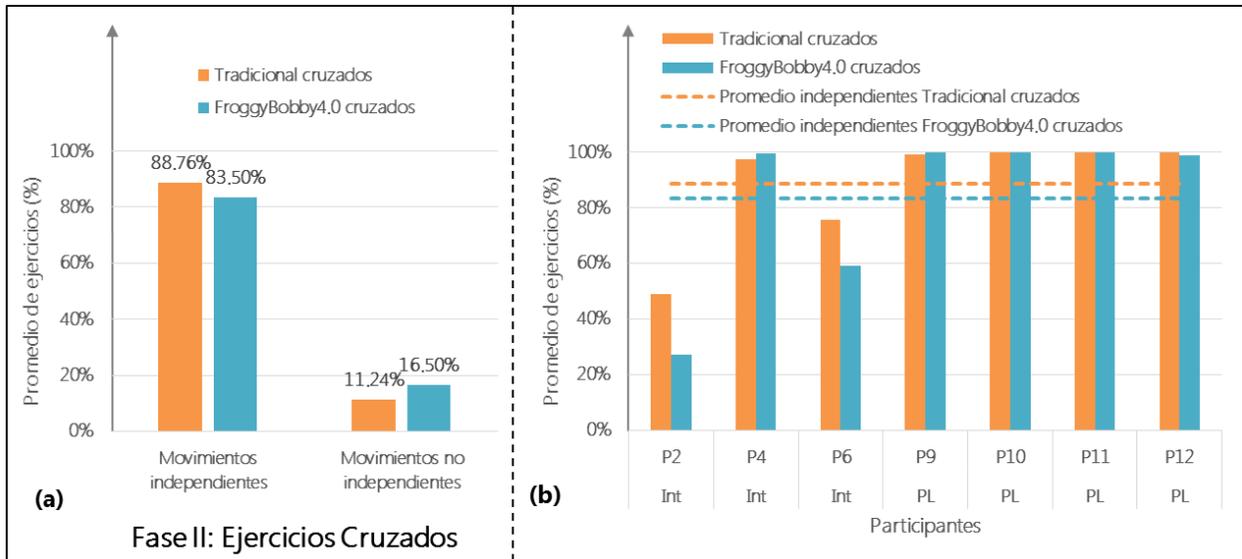


Figura 54. Porcentajes de la independencia de movimiento en ambas condiciones para la fase II. (a) Porcentaje promedio de movimientos independientes y movimientos no independientes en cada condición; (b) Porcentaje promedio de movimientos independientes por participante en cada condición.

En general, las psicoterapeutas de P2 y P6 comentaron que en la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, ambos participantes tuvieron la iniciativa de llevar a cabo los ejercicios cruzados, levantaban el brazo para tocar el botón inicial (i.e., punto inicial del movimiento), pero al momento de cruzar el brazo para llegar al botón final, ambos participantes llevaban su brazo hacia abajo, realizando el ejercicio lateral de la fase I. Las psicoterapeutas brindaron ayuda física para corregir el movimiento y concluir cada repetición del ejercicio cruzado.

“Por ejemplo con P2, yo le tenía que corregir porque el intentaba hacer el movimiento arriba-abajo, como que se quedó con eso, tal vez si le faltaron más sesiones de esos ejercicios, porque en los cruzados, si le costó trabajo entender que tenía que cruzar” –**Psicoterapeuta de Integrados/pre-académicos 1, entrevista en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados.**

Dirección del movimiento

En la condición A' = tradicional cruzados con respecto a la dirección del movimiento, de los movimientos independientes realizados por los participantes, el 94.68% fueron movimientos dirigidos y el 5.32% fueron movimientos no dirigidos (Figura 55a). Para la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, el 93.70% fueron movimientos dirigidos y el 6.30% no dirigidos. No se encontró diferencia significativa respecto a los movimientos dirigidos en ambas condiciones ($p = 0.6875$) (Tabla 20). Estos resultados indican, que a pesar de que los participantes tuvieron un lapso sin practicar ejercicios de integración visual-motriz (2 semanas) y de que los ejercicios de integración visual-motriz fueron diferentes en esta fase de evaluación, los participantes mantuvieron los movimientos dirigidos, en ambas condiciones.

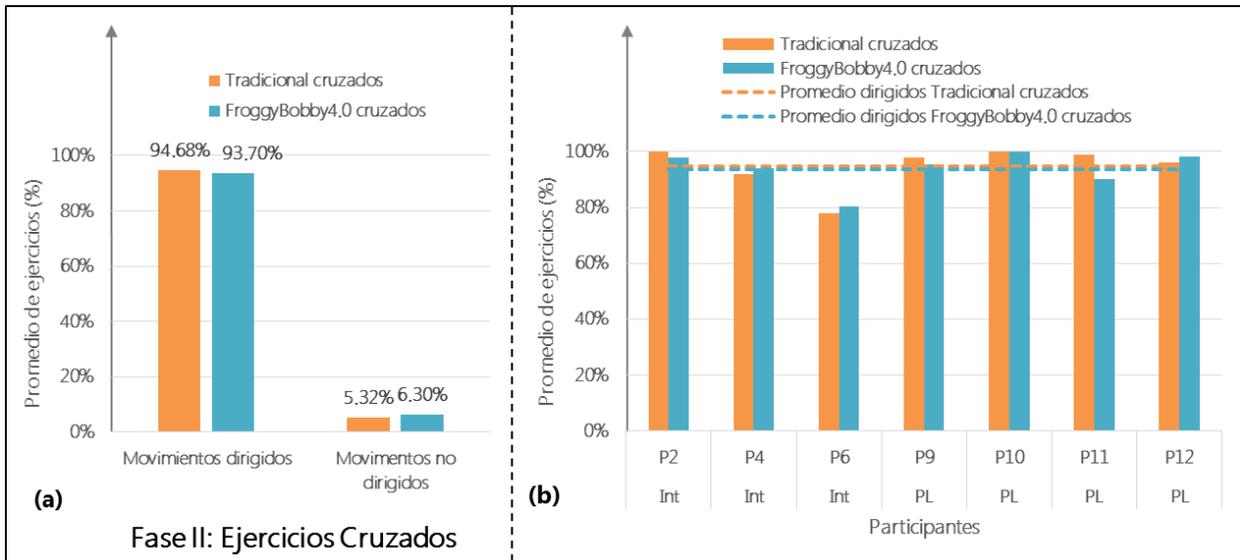


Figura 55. Porcentajes de la dirección de movimiento en ambas condiciones para la fase II. (a) Porcentaje promedio de movimientos dirigidos y movimientos no dirigidos en cada condición; (b) Porcentaje promedio de movimientos dirigidos por participante en cada condición.

Los porcentajes de movimientos dirigidos de la mayoría de los participantes fueron similares en ambas condiciones (Figura 55b). A excepción de P11, donde el porcentaje de movimientos dirigidos fue mayor con la condición de tradicional cruzados. A pesar de ser considerado por las psicoterapeutas como uno de los mejores casos del grupo de pre-laborales, este resultado indica que en comparación con la terapia tradicional, le costó más trabajo dirigir sus movimientos utilizando FroggyBobby4.0. Esto puede deberse a que la dificultad de los ejercicios cruzados con FroggyBobby4.0, no fue la adecuada para P11, necesitando un nivel intermedio de ejercicios. Sin embargo, el análisis cualitativo mostró que a pesar de que en ambas condiciones los participantes realizaron un porcentaje similar de ejercicios dirigidos, las cuatro psicoterapeutas percibieron que motivamente los participantes habían tenido un mejor desempeño con la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados. Esto se puede deber a la motivación que la mayoría de los participantes mostró al realizar los ejercicios cruzados con FroggyBobby4.0, debido a que la condición A' = tradicional cruzados, seguía siendo aburrida y poco motivadora para ellos.

“En los movimientos si les va mejor con el juego, en la motricidad gruesa, porque les motiva el juego y les gusta hacerlo [realizar los ejercicios con FroggyBobby4.0], se percatan de sus movimientos, porque ellos quieren comerse las moscas y ganar las monedas... en cuestiones de postura también les va mejor con el juego, porque mantienen su postura, y están motivados a seguir jugando...” –**Psicoterapeuta de Pre-laboral 2, entrevista en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados.**

Precisión del movimiento

De los movimientos dirigidos, el 25.08% fueron movimientos dirigidos exactos, mientras que el 74.92% movimientos dirigidos simples, para la condición A' = tradicional cruzados. Por el lado de la terapia en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, el 24.09% fueron movimientos dirigidos exactos y el 75.91% movimientos dirigidos simples (Figura 56a). El análisis estadístico no mostró diferencia significativa entre los porcentajes de movimientos dirigidos exactos en ambas condiciones ($p = 0.6875$) (Tabla 20). Estos resultados indican, que de igual forma que en los movimientos dirigidos generales, los participantes mantuvieron los movimientos dirigidos exactos en ambas condiciones, en esta segunda fase.

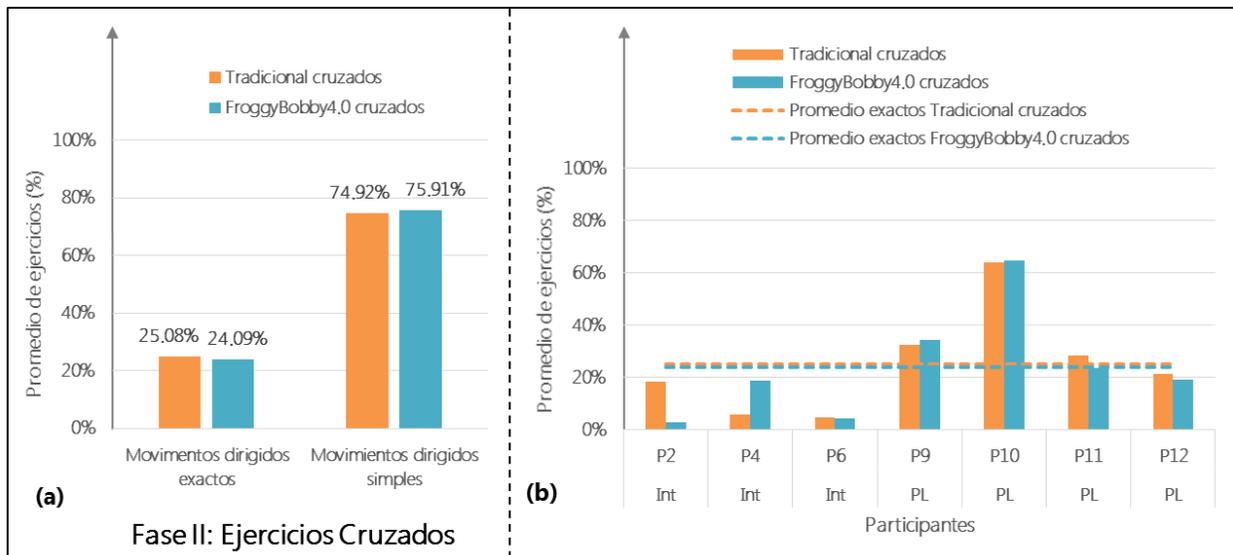


Figura 56. Porcentajes de la precisión de movimiento en ambas condiciones para la fase II. (a) Porcentaje promedio de movimientos exactos y movimientos simples, en cada condición; (b) Porcentaje promedio de movimientos exactos por participante, en cada condición.

Sin embargo, durante la fase II, la percepción de tres de las cuatro psicoterapeutas fue la misma que en la fase I, percibieron que los participantes estaban realizando movimientos más precisos en la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados:

“en línea base [condición tradicional cruzados] simplemente están haciendo el ejercicio, como que no apoya mucho a lo viso-motor... creo que lo que es la línea base no están usando los estímulos, porque nos fijan en la pared, sólo lo hacen porque ya quieren terminar, a diferencia con el juego, ahí siguen en la mira y saben que su brazo la mueve, ya tienen la noción de que pueden controlar ellos el juego” –Psicoterapeuta de Pre-laboral 1, entrevista en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados.

Cinco de los siete participantes tuvieron porcentajes similares de movimientos dirigidos exactos en ambas condiciones (P6, P9, P10, P11 y P11) (Figura 56b). P2 tuvo un porcentaje mayor de movimientos dirigidos exactos en la condición A' = tradicional cruzados. Lo cual puede indicar que la precisión del movimiento requerida por FroggyBobby4.0 para los ejercicios cruzados, tiene una dificultad elevada para P2, donde la mayoría de sus movimientos fueron dirigidos pero simples. En el caso de P4, el porcentaje de movimientos dirigidos exactos fue mayor en la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, mostrando más precisión de los movimientos con el uso de FroggyBobby4.0. Este resultado se debe principalmente a que en la condición A' = tradicional cruzados, P4 dirigió sus movimientos hacia el soporte visual solicitado, pero levantaba los brazos rápidamente al realizar los ejercicios, es decir, no se detuvo donde el soporte visual lo requería. En contraste con la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados, donde P4 mostró la precisión para detener el movimiento donde el soporte visual lo requiere.

“P4 hizo los movimientos completamente solo, se tomaba su tiempo para llegar a cada botón, incluso platicaba conmigo sobre la rana cuando sacaba la lengua y se comía las mosquitas....” – **Psicoterapeuta de integrados/pre-académicos 1, entrevista en condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados.**

6.6.4.3. Análisis de casos

Con el objetivo de ejemplificar el rendimiento motor en cada sesión de terapia, en ambas condiciones, se realizó un análisis de caso de dos de los siete participantes; P6, correspondiente al grupo de integrados/pre-académicos y considerado como uno de los peores casos de ese grupo, y P10, perteneciente al grupo de pre-laborales, considerado como uno de los mejores casos de ese grupo. A continuación, se presenta un resumen⁶⁶ de los resultados del análisis de los dos casos. El detalle del análisis, incluyendo gráficas y análisis estadístico, se puede encontrar en el Apéndice 4.

P6 es un niño de 7 años con problemas conductuales severos. Sus habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz son de nivel bajo. Además, tiene un tono muscular bajo, carece de fuerza y control en sus movimientos. Los resultados del

⁶⁶ Debido a que los resultados del análisis del rendimiento motor de cada caso, siguen una tendencia similar a los resultados obtenidos en el análisis del rendimiento motor del promedio de siete de los 14 participantes de la sección 6.6.4.

análisis del rendimiento motor de P6 muestran que P6 realizó un mayor porcentaje de movimientos dirigidos usando FroggyBobby4.0, practicando los ejercicios laterales en comparación con la terapia tradicional. Además, los movimientos dirigidos exactos usando FroggyBobby4.0 tuvieron un mayor porcentaje en la fase de ejercicios laterales en comparación de los ejercicios cruzados. Estos resultados indican que FroggyBobby4.0 puede impactar positivamente en el rendimiento motor de los ejercicios laterales de un niño con autismo de baja funcionalidad con problemas severos de integración visual-motriz. Sin embargo, para el caso de los ejercicios cruzados, no está claro si FroggyBobby4.0 apoya eficazmente a la ejecución de los ejercicios cruzados, en comparación con la terapia tradicional. Estos resultados pueden ser indicio de que los ejercicios cruzados fueron más difíciles de comprender para P6 (en comparación de los laterales). Lo que puede indicar que P6 tal vez necesitaba más sesiones de los ejercicios laterales, antes de continuar con los ejercicios cruzados.

P10 es un niño de 12 años con problemas conductuales moderados. Sus habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz son de nivel medio-alto. Es un niño no verbal, sin embargo tiene la capacidad de pronunciar algunas palabras esporádicamente. Los resultados del análisis del rendimiento motor de P10, muestran que P10 realizó un mayor porcentaje de movimientos dirigidos con la condición A = FroggyBobby4.0 laterales, en comparación con la terapia tradicional (condición B), donde la mayoría de ese porcentaje fueron movimientos dirigidos exactos ($p < 0.05$). Estos resultados indican que FroggyBobby4.0 impacta positivamente en el rendimiento motor de los ejercicios laterales de un niño con autismo de media funcionalidad, en comparación de la terapia tradicional. Sin embargo, para el caso de los ejercicios cruzados, los resultados indican que el porcentaje de los movimientos dirigidos exactos y simples se mantuvieron en ambas condiciones. Este resultado puede reforzar los resultados de las pruebas de desarrollo, donde se observó que los niños mantuvieron sus habilidades de coordinación y de integración visual-motriz (adquiridas en la fase I) durante la fase de ejercicios cruzados. Esto puede indicar que durante la fase II, se presentó la etapa del mantenimiento de las habilidades de integración visual-motriz que P10 adquirió en la fase I, en particular en los movimientos dirigidos exactos. Es decir, aquellos movimientos precisos que P10 realizó para alcanzar el objetivo visual requerido. Además, los porcentajes de movimientos dirigidos exactos de ejercicios cruzados de P10 aumentaron

casi al 85% a partir de la sesión 4 de la condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados. Lo que puede dar indicio que el uso sostenido de FroggyBobby4.0 puede impactar en los movimientos dirigidos exactos de los ejercicios cruzados. Sin embargo, más sesiones de uso son necesarias para corroborar este resultado.

6.7. Resumen

En este capítulo se presentó la evaluación sumativa de FroggyBobby4.0, la cual se llevó a cabo con el objetivo de investigar la eficacia de FroggyBobby4.0, en comparación con la terapia tradicional, en términos de habilidades de coordinación motriz, habilidades de integración visual-motriz, y el rendimiento motor en la ejecución de los ejercicios de integración visual-motriz. La evaluación se realizó con 14 niños con autismo de media-baja funcionalidad y 4 psicoterapeutas, en una clínica-escuela de autismo en la ciudad de Mexicali, B.C., México.

La evaluación consistió en un diseño de sujeto simple de dos fases de evaluación. Primero, todos los participantes realizaron los ejercicios de integración visual-motriz laterales en dos condiciones: A, terapia tradicional y B, terapia con FroggyBobby4.0. Posteriormente, los participantes realizaron los ejercicios cruzados utilizando ambas condiciones (condiciones A' y B').

Para evaluar las habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz se utilizaron dos pruebas de desarrollo. Ambas pruebas se aplicaron antes y después de cada condición de evaluación, en cada fase. Para evaluar el rendimiento motor, se midió el impacto de ambas condiciones en relación a la independencia, la dirección y la precisión del movimiento, que los participantes realizaron para llevar a cabo los ejercicios de integración visual-motriz.

Los resultados cuantitativos indican que los participantes mejoraron sus habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz durante la práctica de ejercicios laterales utilizando FroggyBobby4.0, en comparación con la terapia tradicional (Tabla 21).

Tabla 21. Resumen de los resultados cuantitativos de las habilidades de coordinación motriz, integración visual-motriz y rendimiento motor de cada fase de evaluación.

Fase	Condición	Coordinación motriz	Integración visual-motriz	Rendimiento motor	
				Dirigidos	Exactos
I: Ejercicios Laterales	Tradicional laterales (A)	$p > 0.05$	$p > 0.05$		
	FroggyBobby4.0 laterales (B)	$p < 0.05$	$p < 0.05$	$p < 0.05$	$p < 0.05$
II: Ejercicios Cruzados	Tradicional cruzados (A')	$p > 0.05$	$p > 0.05$		
	FroggyBobby4.0 cruzados (B')	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$

Para la fase de ejercicios cruzados, los participantes mantuvieron sus habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz de igual manera al utilizar FroggyBobby4.0 y la terapia tradicional. De igual forma, respecto al rendimiento motor, los resultados indican que los participantes realizaron un porcentaje mayor de movimientos dirigidos, incluyendo movimientos dirigidos exactos ($p < 0.05$), en la condición B = FroggyBobby4.0 laterales, en comparación de la terapia tradicional (condición A) (Tabla 21). Para el caso de los ejercicios cruzados, los participantes mantuvieron el porcentaje de movimientos dirigidos, incluyendo movimientos dirigidos exactos, en ambas condiciones (A' y B'). Estos resultados indican que FroggyBobby4.0 mejora las habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz, así como en el rendimiento motor ($p < 0.05$), de los niños con autismo de baja a media funcionalidad, cuando practican ejercicios laterales. Mientras que para los ejercicios cruzados, FroggyBobby4.0, al igual que la terapia tradicional, mantiene las habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz, así como en el rendimiento motor, previamente adquiridas.

En general, los resultados cualitativos indican que los participantes estuvieron más motivados por realizar los ejercicios cuando utilizaban FroggyBobby4.0 en ambas fases de evaluación.

Capítulo 7. Conclusiones, aportaciones y trabajo a futuro

7.1. Conclusiones

En el presente trabajo se diseñó, desarrolló y evaluó un videojuego basado en movimiento para apoyar la integración visual-motriz de los niños con autismo.

Para el diseño y desarrollo del videojuego se realizaron tres iteraciones de diseño utilizando una metodología centrada en el usuario. La primera iteración consistió en un estudio contextual, que se llevó a cabo con el objetivo de entender las prácticas actuales de las terapias para apoyar la motricidad e integración visual-motriz de niños con problemas de motricidad, y el modelo de interacción que los niños utilizan al jugar videojuegos comerciales basados en movimiento. Los resultados sugieren que un videojuego basado en movimiento para niños con problemas de motricidad, debe tener las siguientes características: equilibrio entre atención y frustración, instrucciones claras y cortas, incentivos a corto plazo, una historia de fondo, personalización de los elementos del juego y debe permitir una configuración fácil. Además, el videojuego debe imitar los ejercicios de la terapia y debe ser capaz de adaptarse a las habilidades motrices de los niños. Estas implicaciones de diseño, guiaron el diseño de un prototipo de baja fidelidad de un videojuego serio basado en movimiento, FroggyBobby1.0, el cual fomenta la práctica ejercicios de integración visual-motriz de miembros superiores, utilizando el avatar de una rana. Los niños mueven sus brazos para controlar la lengua de la rana y atrapar moscas disponibles en la pantalla.

La segunda iteración consistió en definir los ejercicios de integración visual-motriz apropiados para ser apoyados mediante un videojuego basado en movimiento. Los resultados sugieren tres grupos de ejercicios basados en la técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva: los primeros dos grupos involucran integración visual-motriz gruesa, ejercicios laterales y ejercicios cruzados, mientras que el tercer grupo involucra integración visual-motriz fina y viso-espacialidad. Además, se definió un conjunto de gestos en el aire para ser propuestos como controladores de los menús de FroggyBobby1.0. Con este conjunto de ejercicios, se rediseñó el prototipo inicial, FroggyBobby1.0, para incluir niveles que permitan practicar cada grupo de ejercicios (FroggyBobby2.0).

La tercera iteración consistió en la especificación del diseño del prototipo de baja funcionalidad con expertos clínicos y cuidadores de niños con autismo. Los resultados sugieren que un videojuego basado en movimiento para apoyar a niños con autismo con problemas de motricidad, debe ser dirigido por objetivos, debe basarse en número de repeticiones, debe permitir la integración corporal, y debe proporcionar retroalimentación visual y auditiva.

Los resultados de estas tres iteraciones de diseño refinaron el diseño del prototipo inicial de baja fidelidad, obteniendo un prototipo de alta funcionalidad, llamado FroggyBobby3.0. FroggyBobby3.0 demanda a un niño a utilizar sus brazos para practicar ejercicios de integración visual-motriz gruesa, mientras controla la lengua de una rana llamada "Bobby". Para llevar a cabo los ejercicios de integración visual-motriz gruesa, el niño tiene que mover su brazo derecho o izquierdo, para alcanzar un botón inicial en la pantalla, y llevarlo hacia un botón final. La rana Bobby se come las moscas que se encuentran disponibles en el área entre ambos botones. FroggyBobby3.0 está formado por seis niveles, donde los tres primeros están dirigidos para apoyar el primer grupo de ejercicios (i.e., ejercicios laterales) y los últimos tres, al segundo grupo de ejercicios (i.e., ejercicios cruzados). FroggyBobby3.0 utiliza un sensor Kinect y un proyector conectados a una PC. El sensor Kinect rastrea el movimiento de los brazos del usuario. El proyector despliega la información del juego, y la PC ejecuta la dinámica del juego. Debido a que FroggyBobby3.0 utiliza sólo el rastreo de los movimientos de las manos y brazos como controlador principal, no requiere de una calibración y/o configuración corporal previa. Además, FroggyBobby3.0 permite el cambio de jugador de una manera sencilla, sin necesidad de volver a iniciar el juego cada vez que se realiza un cambio de jugador.

Para evaluar la viabilidad y la experiencia de uso de FroggyBobby3.0, en términos de uso y adopción, atención, expresiones emocionales y rendimiento motor, se llevó a cabo una evaluación formativa en Pasitos, una clínica-escuela de autismo en la ciudad de Tijuana, B.C., México. FroggyBobby3.0 fue utilizado por 7 niños con autismo de baja funcionalidad (7-9 años de edad) y 3 psicoterapeutas. Los niños utilizaron los niveles de FroggyBobby3.0 durante 6 semanas, dos veces a la semana. Los resultados muestran que FroggyBobby3.0, permite a los niños con autismo de baja funcionalidad practicar los ejercicios de integración visual-motriz, mientras mantiene su atención y promueve

expresiones emocionales positivas. Además, durante esta evaluación se obtuvieron un conjunto de mejoras de diseño para crear una nueva versión del videojuego, FroggyBobby4.0. La nueva versión incluye el uso de conceptos de lateralidad como arriba y abajo, y el uso de patrones para acomodar las moscas que tiene que capturar la rana “Bobby”.

Para evaluar el impacto de FroggyBobby4.0 en términos de la eficacia en apoyo a la integración visual-motriz de los niños con autismo, se llevó a cabo una evaluación sumativa con 14 niños con autismo de baja y media funcionalidad (5-14 años de edad) y 4 psicoterapeutas, en CANAM –una clínica-escuela de autismo en la ciudad de Mexicali, B.C., México. La evaluación consistió en un diseño experimental de sujeto simple de dos fases. En la fase I, todos los participantes realizaron los ejercicios laterales en dos condiciones: terapia tradicional (condición A = tradicional laterales), utilizando soportes visuales en la pared, y terapia con FroggyBobby4.0 (condición B = FroggyBobby4.0 laterales). En la fase II, los participantes realizaron los ejercicios cruzados en dos condiciones, A' = tradicional cruzados, y B' = FroggyBobby4.0 cruzados. Se utilizaron dos pruebas de desarrollo para evaluar las habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz. Ambas pruebas se aplicaron antes y después de cada condición de evaluación, en cada fase. Para evaluar el rendimiento motor, se utilizaron técnicas cuantitativas de observación directa basada en eventos, con el objetivo de medir el impacto de ambas condiciones, en relación a la dirección y precisión del movimiento que los participantes realizaron para llevar a cabo los ejercicios de integración visual-motriz.

Los resultados muestran que FroggyBobby4.0 apoyó a los participantes a mejorar sus habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz durante la práctica de ejercicios laterales, en comparación de la terapia tradicional. Para la fase de ejercicios cruzados, los participantes mantuvieron sus habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz en ambas condiciones. Además, los resultados indican que los participantes estuvieron más motivados por realizar los ejercicios en la condición de FroggyBobby4.0 en ambas fases de evaluación. Respecto al rendimiento motor, y para el caso de los ejercicios laterales, los participantes realizaron un porcentaje significativamente mayor de movimientos dirigidos al objetivo, y de movimientos dirigidos

exactos, utilizando FroggyBobby4.0, en comparación de la terapia tradicional. Durante la fase de ejercicios cruzados, los porcentajes de movimientos dirigidos en ambas condiciones se mantuvieron, sin diferencia entre ambas condiciones.

Es importante destacar que todas las psicoterapeutas percibieron que los participantes realizaron un mayor porcentaje de movimientos dirigidos utilizando FroggyBobby4.0, en ambas fases. Además, percibieron que los participantes estaban más dispuestos, y motivados a realizar la terapia con FroggyBobby4.0. Por otra parte, todas las psicoterapeutas percibieron un impacto como consecuencia del uso de FroggyBobby4.0 en otros aspectos del desarrollo importantes tales como cognición, específicamente en seguimiento de instrucciones, y dominio de aspectos de lateralidad.

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que, en términos de experiencia de uso y adopción, los videojuegos serios basados en movimiento son una herramienta útil para apoyar las terapias de integración visual-motriz de niños con autismo de baja-media funcionalidad, ya que logran mantener su atención y provocan expresiones emocionales positivas, mientras promueve la práctica de los ejercicios de integración visual-motriz gruesa (FroggyBobby3.0). En términos de eficacia, los resultados indican que el uso de un videojuego basado en movimiento, como FroggyBobby4.0, como apoyo a la terapia de integración visual-motriz gruesa, permite a los niños con autismo de baja a media funcionalidad, mejorar sus habilidades de coordinación e integración visual-motriz, así como sus movimientos dirigidos, cuando practican ejercicios laterales, en comparación de la terapia tradicional. Además, se tiene evidencia empírica acerca de que la práctica de ejercicios de integración visual-motriz cruzados, tanto con la terapia tradicional, como con la terapia con FroggyBobby4.0, permite el mantenimiento de las habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz, así como de los movimientos dirigidos a un objetivo. Los resultados de esta tesis sugieren que FroggyBobby4.0 puede apoyar a los niños con autismo en el proceso de aprendizaje de una habilidad motriz (i.e., adquisición, mantenimiento, generalización), particularmente para las etapas de adquisición (condición B = FroggyBobby4.0 laterales) y mantenimiento (condición B' = FroggyBobby4.0 cruzados). Sin embargo, no está claro si permite la generalización de la habilidad. El presente trabajo de tesis, deja un antecedente que puede servir como base

para explorar si los videojuegos basados en movimiento pueden ayudar a los niños con autismo a generalizar sus habilidades de integración visual-motriz a otros contextos.

Los resultados de la presente investigación muestran cómo los videojuegos pueden apoyar la integración visual-motriz de los niños con autismo de baja a media funcionalidad, mostrando cómo un videojuego basado en movimiento diseñado en torno a las necesidades específicas de esta población, puede lograr el objetivo para lo que está diseñado. No es el objetivo de la presente tesis generalizar los resultados, sino servir como base para investigaciones futuras respecto al diseño, desarrollo y evaluación de esta tecnología en apoyo a la población de niños con autismo.

7.2. Aportaciones

- Evidencia empírica del uso de FroggyBobby3.0 donde se muestra que es viable para apoyar a los niños con autismo a practicar ejercicios de integración visual-motriz, mientras mantiene su atención y promueve emociones positivas en ellos.
- Evidencia empírica de la eficacia y utilidad de FroggyBobby4.0 en comparación de la terapia tradicional, particularmente para los ejercicios de integración visual-motriz laterales.
- El proceso iterativo de diseño que se utilizó para diseñar un videojuego basado en movimiento para apoyar la integración-visual motriz de los niños con problemas de motricidad, en particular para niños con autismo.
- Un conjunto de características de diseño para diseñar y desarrollar videojuegos basados en movimiento en apoyo a niños con autismo con problemas de motricidad.
- Un conjunto de ejercicios de integración visual-motriz y de gestos en el aire para diseñar videojuegos serios basados en movimiento en apoyo a niños con problemas con autismo con problemas de motricidad.
- Un videojuego basado en movimiento que apoya las terapias de integración visual-motriz de los niños con autismo.

Además, este trabajo de investigación dio como resultado las siguientes publicaciones para la diseminación del mismo:

Artículo de revista arbitrada

- Caro, K., Tentori, M., Martínez-García, A.I. and Zavala-Ibarra, I. (2015) FroggyBobby: an exergame to support children with motor problems practicing gross motor skills during therapeutic interventions. *Journal of Computers in Human Behavior*. In press.

Talleres

- Caro, K., Martínez-García, A.I. and Tentori, M., (2015) “Exploring Personalization Factors of Exergames to Support Visual-Motor Coordination of Children with Autism”. Workshop on Personalization in Serious and Persuasive Games and Gamified Interactions. The ACM SIGCHI Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play (CHI PLAY 2015). Londres, Inglaterra, Reino Unido. Octubre 4-7.
- Caro, K., Martínez-García, A.I. and Tentori, M., (2014) “Apoyando las terapias de coordinación motriz de niños con autismo a través de videojuegos serios basados en movimiento”. Taller de Computación Clínica e Informática Médica, CCIM 2014 en ENC 2014, Mexican International Conference on Computer Science. Ocotlán, Oaxaca, México. Noviembre 3-5.
- Caro, K., Cibrian, F. L., Escobedo, L., Ramírez, C., Martínez-García, A.I. and Tentori, M., (2013) “Diseño de un videojuego serio basado en movimiento para niños con el Trastorno del Desarrollo de la Coordinación”. Taller de Computación Clínica e Informática Médica, CCIM 2013 en ENC 2013, Mexican International Conference on Computer Science. Morelia, Michoacán, México. Octubre 30, 31, Noviembre 1.
- Caro, K., Cibrian, F. L., Escobedo, L., Ramirez, C., Martínez-García, A.I. and Tentori, M., (2013) “Froggy Bobby: An Exergame for Children with Motor Skills Problems”. Workshop on Ubiquitous games and gamification for promoting behavior change and wellbeing. 10th edition of CHI Italy. Trento, Italia. Septiembre 16.

Carteles

- Caro, K., Tentori, M., Martínez-García, A.I. (2014) “Videojuegos basados en movimiento en apoyo a niños con problemas de motricidad”. Winter School in Ubiquitous Computing, Sta. Ma. Tonantzintla, Pue., México, Enero 6-17.
- Caro, K., Tentori, M., Martínez-García, A.I., and Zavala-Ibarra, I., (2014) “Designing Exergames Combining the Use of Fine and Gross Motor Exercises to Support Self-care Activities”. The 16th ACM SIGACCESS International Conference on Computers and Accessibility (ASSETS 2014). Rochester, NY, EEUU. Octubre 20-22.
- Caro, K., Tentori M. and Martínez-García, A.I., (2013) “Exergames to support children with motor skills problems”. 4th. Workshop Uniting the Californias: Building Community in the Californias through Computing. Irvine, California, EEUU. Marzo 7-9.

Consortio doctoral

- Caro, K., (2014) “Exergames for Children with Motor Problems”. 5th Workshop Uniting the Californias. Tijuana, BC, México. Junio 6-7.
- Caro, K., (2013) “Exergames for Children with Motor Skills Problems”. The 15th ACM SIGACCESS International Conference on Computers and Accessibility (ASSETS 2013). Bellevue, Washington, EEUU. Octubre 21-23.

7.3. Limitaciones

Los resultados de la evaluación sumativa mostraron que los niños con autismo participantes mejoraron sus habilidades de integración visual-motriz, al practicar ejercicios de integración visual-motriz laterales con el videojuego. Además, los niños participantes realizaron un porcentaje mayor de movimientos dirigidos y exactos con el uso del videojuego para los ejercicios laterales, en comparación con la terapia tradicional. Sin embargo, al igual que los resultados de la evaluación formativa, estos resultados no se pueden generalizar a todos los niños con autismo, ni a los diferentes niveles de funcionalidad, debido a que sólo se evaluó en una clínica con 14 niños con autismo de

baja a media funcionalidad. Es necesario ampliar la muestra de evaluación, así como el espectro de funcionalidad de los participantes para obtener resultados generalizables.

Por otra parte, debido a la cantidad de datos generados durante la evaluación sumativa, en particular de datos en video, solo fue posible analizar los videos correspondientes a 7 participantes 280 de los 590 videos (~56 horas de las 109 horas del total). A pesar de que los resultados del análisis del rendimiento motor de los 7 participantes (de un total de 14), mostraron una tendencia similar a los resultados de las pruebas de desarrollo de coordinación motriz e integración visual-motriz, fortaleciendo los resultados de la evaluación sumativa, es necesario realizar el análisis del rendimiento motor de los 7 participantes restantes. Esto con el objetivo de investigar si los resultados obtenidos se mantienen para el caso de los movimientos dirigidos y exactos. Si esto no sucede, determinar cuáles son los casos específicos donde la tendencia de los resultados se mantiene, y cuáles son aquellos en los que los resultados no siguen una tendencia similar.

Finalmente, una limitante importante del presente trabajo de investigación es la variedad en el nivel de funcionalidad individual de los niños con autismo, por lo que es difícil obtener correlación estadística en comparaciones entre grupos (e.g., grupo de integrados vs grupo de pre-laborales). Dado lo anterior, un análisis intra-casos de participantes con características de desarrollo similares por grupo, puede proporcionar un entendimiento mayor respecto al análisis de resultados por grupo.

7.4. Trabajo a futuro

Debido a la variedad en la funcionalidad que existe en la población de autismo, es importante lograr que la tecnología de apoyo a esta población pueda adaptarse a las características específicas de la misma. Por ejemplo, cada niño con autismo presenta problemas en las habilidades de coordinación e integración visual-motriz a diferente escala. Algunos tienen problemas severos, otros van de medios a leves. Además que los intereses de cada niño también pueden variar. Los resultados de esta tesis mostraron que todos los niños participantes en la evaluación sumativa fueron capaces de utilizar el videojuego. Además, estuvieron más motivados por utilizar el videojuego, que por realizar

la terapia tradicional. Sin embargo, las habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz mejoraron solo para el caso de los ejercicios laterales. A pesar de que las cuatro psicoterapeutas mencionaron que percibieron un avance mayor con la condición de FroggyBobby4.0 cruzados, que con la terapia tradicional, los resultados muestran que hubo algunos casos de participantes que realizaron un porcentaje mayor de movimientos independientes ($n = 2$) y dirigidos ($n = 1$) con la terapia tradicional, en comparación con el videojuego. Esto puede deberse a que tal vez la dificultad de los niveles de ejercicios cruzados con FroggyBobby4.0 fue alta para esos participantes, necesitando un nivel intermedio antes de pasar a los ejercicios cruzados. Además, durante la evaluación sumativa, no se observó que los niños participantes se aburrieran con los escenarios, gráficos o música de fondo de cada nivel del videojuego. Sin embargo, los niños participantes fueron niños de funcionalidad media a baja. No está claro si los niños con autismo de alta funcionalidad hubieran permanecido motivados e interesados a lo largo de todas las sesiones con el videojuego, o si hubiera sido necesario personalizar los gráficos, música de fondo o escenarios para mantener la atención de los niños a lo largo de todas las sesiones de terapia con el videojuego. Una posible alternativa a lo anterior es contar con un sistema de aprendizaje inteligente que incorpore mecanismos de adaptabilidad tanto automáticos como manuales. De esta forma, el sistema inteligente puede ir aprendiendo del comportamiento del niño con autismo y de la psicoterapeuta, para adaptar el videojuego a las características específicas del niño (e.g., capacidad motriz, intereses, emociones). Inicialmente, la mayoría de los mecanismos de adaptabilidad del sistema deberían ser manuales, es decir, la psicoterapeuta debe decidir qué parámetros ajustar o personalizar de acuerdo a las características de un determinado niño con autismo. Este tipo de mecanismos es necesario, ya que la adaptabilidad automática (si no se conoce un perfil completo del niño) no es suficiente para ajustar la dificultad del videojuego a un niño con autismo en particular, dado que la adaptabilidad no depende solo de la capacidad motriz del niño. Sino que va más allá, incluyendo el nivel de cognición o la disposición por realizar la terapia en un día donde algún evento externo puede alterar el comportamiento del niño (e.g., condiciones climáticas irregulares). Posteriormente, el sistema puede ir aprendiendo, no solo de la adaptabilidad manual proporcionada por la psicoterapeuta, sino por el rendimiento del niño durante la terapia, tanto motriz (e.g., monitoreo automático de los movimientos), emocional (e.g., reconocimiento facial automático) y

social (e.g., monitoreo automático de interacciones con la psicoterapeuta). De esta forma, el sistema puede ir utilizando mecanismos de adaptabilidad automática para adaptar el videojuego, no solo motrizmente y en dificultad, sino que podrá brindar sugerencias ante alguna alteración inesperada del comportamiento por parte del niño con autismo (e.g., poca disposición para realizar la terapia debido a una condición climática irregular). Para lograr lo anterior, es necesario investigar cuáles mecanismos de adaptabilidad manual y automática se pueden incorporar a un sistema inteligente que permita adaptar y personalizar la experiencia terapéutica de cada niño con autismo al utilizar videojuegos basados en movimiento durante las terapias motrices. Además, es necesario determinar si es posible lograr esta experiencia terapéutica personalizada por medio de los videojuegos basados en movimiento, de tal manera que llegue el momento donde el videojuego sea capaz de adaptarse y personalizarse automáticamente (sin necesidad de la psicoterapeuta), utilizando el aprendizaje e historial de cada niño.

En la literatura existen trabajos en relación a la adaptabilidad y personalización de los videojuegos basados en movimiento para apoyar la salud y bienestar de la población en general (e.g., (Göbel et al., 2010)). Sin embargo, la adaptabilidad y personalización de los videojuegos basados en movimiento para apoyar las terapias motrices de los niños con autismo es un área de investigación abierta y muy poco explorada.

Por otro lado, el contar con un sistema inteligente que permita adaptar un videojuego basado en movimiento para apoyar las terapias motrices a las características particulares de un niño con autismo, trae consigo nuevas posibilidades en torno a utilizar esta tecnología para apoyar a niños con trastornos del desarrollo relacionados, es decir, con características similares (e.g., parálisis cerebral, síndrome de Down, trastorno de la coordinación). En este caso, se tendría que investigar si es posible lograr esta adaptabilidad y personalización para apoyar una gama más amplia de trastornos relacionados, o si es necesario diseñar y desarrollar un sistema inteligente específicamente para cada trastorno del desarrollo.

Por último, el área de diseño y desarrollo de tecnología que permita o lleve hacia la generalización de habilidades es un área de investigación poco explorada. La mayoría se ha concentrado en investigar cómo utilizar tecnología para practicar una habilidad aprendida en diferentes contextos (e.g., (Spelmezan & Borchers, 2009)). Sin embargo,

no está claro cómo los videojuegos basados en movimiento pueden apoyar la generalización de habilidades de integración visual-motriz de los niños con autismo. Es decir, qué aspectos de diseño o implementación deben incorporar los videojuegos basados en movimiento para apoyar la generalización de las habilidades de integración visual-motriz. Por ejemplo, investigar si es posible desglosar los movimientos necesarios para llevar a cabo ciertas actividades de la vida diaria, y practicar esos movimientos por medio de actividades mediadas por un videojuego basado en movimiento. O bien, determinar si mediante la ejecución de los ejercicios de integración visual-motriz extrapolándolos a otros contextos (e.g., alcanzar objetos virtuales y/o físicos, o relacionar la ejecución de los ejercicios con actividades de la vida diaria), se puede lograr la generalización de estas habilidades. Dado lo anterior, se propone como trabajo a futuro investigar cómo los videojuegos basados en movimiento pueden apoyar la generalización de habilidades de integración visual-motriz de los niños con autismo.

Literatura citada

- Abrams, R. a, Meyer, D. E., & Kornblum, S. (1990). Eye-hand coordination: oculomotor control in rapid aimed limb movements. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 16(2), 248–267. doi:10.1037/0096-1523.16.2.248
- Aigner, R., Wigdor, D., Benko, H., Haller, M., Lindlbauer, D., Ion, A., ... Valino, K. (2012). *Understanding Mid - Air Hand Gestures : A Study of Human Preferences in Usage of Gesture Types for HCI*.
- Alankus, G., Lazar, A., May, M., & Kelleher, C. (2010). Towards Customizable Games for Stroke Rehabilitation. In *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems* (pp. 2113–2122). Atlanta, Georgia, USA: ACM. doi:10.1145/1753326.1753649
- Altanis, G., Boloudakis, M., Retalis, S., & Nikou, N. (2013). Children with Motor Impairments Play a Kinect Learning Game: First Findings from a Pilot Case in an Authentic Classroom Environment. *Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A*, (19), 91–104.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-IV)* (4th Ed.). Washington, D.C.
- Anderson, F., Annett, M., & Bischof, W. F. (2010). Lean on Wii: physical rehabilitation with virtual reality Wii peripherals. *Studies in Health Technology and Informatics*, 154, 229–34.
- Anderson-Hanley, C., Tureck, K., & Schneiderman, R. L. (2011). Autism and exergaming: effects on repetitive behaviors and cognition. *Psychology Research and Behavior Management*, 4, 129–37. doi:10.2147/PRBM.S24016
- Asonitou, K., Koutsouki, D., Kourtessis, T., & Charitou, S. (2012). Motor and cognitive performance differences between children with and without developmental coordination disorder (DCD). *Research in Developmental Disabilities*, 33(4), 996–1005. doi:10.1016/j.ridd.2012.01.008
- Baine, D., & Starr, E. (1991). Generalization of learning: an essential consideration in early childhood education. *International Journal of Early Childhood*, 23(2), 58–67. doi:10.1007/BF03174618
- Bakeman, R., & Gottman, J. M. (1997). *Observing Interaction: An Introduction to Sequential Analysis*. Cambridge University Press.
- Baker, D. L. (2006). Neurodiversity, neurological disability and the public sector: notes on the autism spectrum. *Disability & Society*, 21(1), 15–29. doi:10.1080/09687590500373734
- Baranek, G. T. (2002). Efficacy of Sensory and Motor Interventions for Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(5), 397–422.

- Beery, K., & Buktenica, N. (1982). *VMI, the Developmental Test of Visual-motor Integration: Specimen Set*. Modern Curriculum Press.
- Bekker, M., Hoven, E. Van Den, Peters, P., & Hemmink, B. (2007). Stimulating Children's Physical Play through Interactive Games: Two Exploratory Case Studies. In *Interaction Design and Children IDC'07* (pp. 163–164). Aalborg, Denmark: ACM. doi:10.1145/1297277.1297313
- Berkovsky, S., Freyne, J., & Coombe, M. (2012). Physical Activity Motivating Games. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 19(4), 1–41. doi:10.1145/2395131.2395139
- Bernardini, S., Porayska-Pomsta, K., & Smith, T. J. (2014). ECHOES: An intelligent serious game for fostering social communication in children with autism. *Information Sciences*, 264, 41–60. doi:10.1016/j.ins.2013.10.027
- Betker, A. L., Desai, A., Nett, C., Kapadia, N., & Szturm, T. (2007). Game-based Exercises for Dynamic Short-Sitting Balance Rehabilitation of People with Chronic Spinal Cord and Traumatic Brain Injuries. *Physical Therapy*, 87(10), 1389–98. doi:10.2522/ptj.20060229
- Beyer, H., & Holtzblatt, K. (1998). *Contextual Design: Defining Customer-Centered Systems*. San Francisco, California.: Morgan Kaufmann Publishers.
- Beyer, H., Holtzblatt, K., & Baker, L. (2004). An Agile User-Centered Method: Rapid Contextual Design. *Extreme Programming and Agile MethodsXP Agile Universe 2004*, 3134, 1–10.
- Bhattacharya, A., Gelsomini, M., Pérez-Fuster, P., Abowd, G. D., & Rozga, A. (2015). Designing Motion-Based Activities to Engage Students with Autism in Classroom Settings. In *Interaction Design and Children IDC 2015* (pp. 69–78).
- Bielik, P., Tomlein, M., & Barla, M. (2012). Move2Play: An Innovative Approach to Encouraging People to Be More Physically Active Categories and Subject Descriptors. In *International Health Informatics Symposium* (pp. 61–70). Miami, Florida, USA: ACM. doi:10.1145/2110363.2110374
- Buitelaar, J. K., van der Wees, M., Swaab-Barneveld, H., & van der Gaag, R. J. (1999). Theory of mind and emotion-recognition functioning in autistic spectrum disorders and in psychiatric control and normal children. *Development and Psychopathology*, 11(1), 39–58.
- Burke, J. W., McNeill, M. D. J., Charles, D. K., Morrow, P. J., Crosbie, J. H., & McDonough, S. M. (2009). Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. *The Visual Computer*, 25(12), 1085–1099. doi:10.1007/s00371-009-0387-4
- Cakiroglu, O. (2012). Single subject research: Applications to special education. *British Journal of Special Education*, 39(1), 21–29. doi:10.1111/j.1467-8578.2012.00530.x
- Casas, X., Herrera, G., Coma, I., & Fernández, M. (2012). A Kinect-Based Augmented

Reality System for Individuals With Autism Spectrum Disorders. In *Proceedings of the International Conference on Computer Graphics Theory and Applications and International Conference on Information Visualization Theory and Applications - GRAPP/IVAPP 2012* (pp. 440–446).

Centers for Disease Control and Prevention. (2014). Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years - autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2010. *Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries (Washington, D.C.: 2002)*, 63(2), 1–21. doi:24670961

Chang, Y.-J., Chen, S.-F., & Huang, J.-D. (2011). A Kinect-based system for physical rehabilitation: a pilot study for young adults with motor disabilities. In *The proceedings of the 13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (Vol. 32, pp. 319–320). Dundee, Scotland, UK: ACM. doi:10.1016/j.ridd.2011.07.002

Chua, P. T., Crivella, R., Daly, B., Hu, N., Schaaf, R., Ventura, D., ... Pausch, R. (2003). Training for Physical Tasks in Virtual Environments: Tai Chi. In *Proceedings of the IEEE Virtual Reality 2003* (p. 87). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society.

Connolly, T. M., Boyle, E. a., MacArthur, E., Hainey, T., & Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59(2), 661–686. doi:10.1016/j.compedu.2012.03.004

Corbetta, M., Miezin, F., Dobmeyer, S., Gordon, L., Shulman, L., & Petersen, S. (1991). Selective and Divided Attention during Visual Discriminations Shape , Color , and Speed: Functional Anatomy by Positron Emission Tomography. *The Journal of Neuroscience*, 11(8), 2393–2402.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. doi:10.1007/BF02310555

Cumi García, C. A., Guillen García, L. M. del C., & Zúñiga Carrasco, I. R. (2015). El autismo en la actualidad. *Boletín Epidemiológico*, 32(12).

Davis, C. S. (2002). *Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements*. doi:10.1007/b97287

Dawson, G., & Watling, R. (2000). Interventions to facilitate auditory, visual, and motor integration in autism: a review of the evidence. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(5), 415–21.

Deutsch, J. E., Borbely, M., Filler, J., Huhn, K., & Guarrera-Bowlby, P. (2008). Use of a low-cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. *Physical Therapy*, 88(10), 1196–207. doi:10.2522/ptj.20080062

- Deutsch, J. E., Robbins, D., Morrison, J., & Bowlby, P. G. (2009). Wii-Based Compared to Standard of Care Balance and Mobility Rehabilitation for Two Individuals Post-Stroke. In *Virtual Rehabilitation International Conference, 2009* (pp. 117–120). Haifa: IEEE Computer Society. doi:10.1109/ICVR.2009.5174216
- Donnellan, A. M., Hill, D. a, & Leary, M. R. (2012). Rethinking autism: implications of sensory and movement differences for understanding and support. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 6(January), 124. doi:10.3389/fnint.2012.00124
- Dunne, A., Do-Lenh, S., O' Laighin, G., Shen, C., & Bonato, P. (2010). Upper extremity rehabilitation of children with cerebral palsy using accelerometer feedback on a multitouch display. In *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. (Vol. 2010, pp. 1751–4). IEEE Computer Society. doi:10.1109/IEMBS.2010.5626724
- Dyspraxia/DCD Association, C. (2003). Developmental coordination disorder. Practical tips for parents. *Asociación Kulunka Elkartea*.
- Easterly, D., Street, V., & Blachnitzky, A. (2009). UbiBall: A Ubiquitous Computing Game for Children. In *Proceedings of the 13th International MindTrek Conference: Everyday Life in the Ubiquitous Era* (pp. 41–44). Tampere, Finland: ACM. doi:10.1145/1621841.1621850
- Ekman, P., & Rosenberg, E. L. (1997). *What the face reveals: Basic and applied studies of spontaneous expression using the Facial Action Coding System (FACS)*. Oxford University Press.
- Elsabbagh, M., Divan, G., Koh, Y.-J., Kim, Y. S., Kauchali, S., Marcín, C., ... Fombonne, E. (2012). Global prevalence of autism and other pervasive developmental disorders. *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research*, 5(3), 160–79. doi:10.1002/aur.239
- Finkelstein, S. L., Nickel, A., & Suma, E. A. (2010). Astrojumper: Designing a Virtual Reality Exergame to Motivate Children with Autism to Exercise. In *Virtual Reality Conference* (pp. 267–268). IEEE. doi:10.1109/VR.2010.5444770
- Flores, E., Tobon, G., Cavallaro, E., Cavallaro, F. I., Perry, J. C., & Keller, T. (2008). Improving Patient Motivation in Game Development for Motor Deficit Rehabilitation. In *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology* (pp. 381–384). Yokohama, Japan: ACM. doi:10.1145/1501750.1501839
- Fournier, K. a, Hass, C. J., Naik, S. K., Lodha, N., & Cauraugh, J. H. (2010). Motor coordination in autism spectrum disorders: a synthesis and meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(10), 1227–40. doi:10.1007/s10803-010-0981-3
- Fowler, M., & Scott, K. (1999). *UML Distilled. A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language*. Software Design (2nd Ed.). Addison Wesley.

- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (1998). *Understanding Motor Development Infants, Children, Adolescents, Adults*. McGraw-Hill Humanities, Social Sciences & World Languages.
- Gao, Y., & Mandryk, R. L. (2012). The Acute Cognitive Benefits of Casual Exergame Play. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1863–1872). Austin, Texas, USA: ACM. Retrieved from <http://doi.acm.org/10.1145/2208276.2208323>
- Gerling, K. M., Schild, J., & Masuch, M. (2010). Exergame Design for Elderly Users: The Case Study of SilverBalance. In *Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology* (pp. 66–69). Taipei, Taiwan: ACM. doi:10.1145/1971630.1971650
- Geurts, L., Abeele, V. Vanden, Husson, J., Windey, F., Overveldt, M. Van, Annema, J., & Desmet, S. (2011). Digital Games for Physical Therapy: Fulfilling the Need for Calibration and Adaptation. In *Proceedings of the fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction* (pp. 117–124). Funchal, Portugal: ACM. doi:10.1145/1935701.1935725
- Göbel, S., Hardy, S., Wendel, V., Mehm, F., & Steinmetz, R. (2010). Serious Games for Health – Personalized Exergames. In *International conference on Multimedia* (pp. 1663–1666). Firenze, Italy: ACM. doi:10.1145/1873951.1874316
- Goh, D. H., Ang, R. P., & Tan, H. C. (2008). Strategies for designing effective psychotherapeutic gaming interventions for children and adolescents. *Computers in Human Behavior*, 24(5), 2217–2235. doi:10.1016/j.chb.2007.10.007
- Heflin, L. J., & Alberto, P. A. (2001). Establishing a behavioral context for learning for students with autism. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 16(2), 93–101.
- Henderson, S. E., & Henderson, L. (2003). Toward an understanding of developmental coordination disorder: terminological and diagnostic issues. *Neural Plasticity*, 10(1-2), 1–13. doi:10.1155/NP.2003.1
- Hernandez, H. A., Graham, T. C. N., Fehlings, D., Switzer, L., Ye, Z., Bellay, Q., ... Stach, T. (2012). Design of an Exergaming Station for Children with Cerebral Palsy. In *Human Factors in Computing Systems* (pp. 2619–2628). Austin, Texas, USA: ACM. doi:10.1145/2207676.2208652
- Hernandez, H. A., Ketcheson, M., Schneider, A., Ye, Z., Fehlings, D., Switzer, L., ... Graham, T. C. N. (2014). Design and Evaluation of a Networked Game to Support Social Connection of Youth with Cerebral Palsy. In *ASSETS 2014* (pp. 161–168).
- Hillier, S. (2007). Intervention for Children with Developmental Coordination Disorder: A Systematic Review. *Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice*, 5(3), 7.

- Hilton, C. L., Cumpata, K., Klohr, C., Gaetke, S., Artner, a, Johnson, H., & Dobbs, S. (2014). Effects of Exergaming on Executive Function and Motor Skills in Children With Autism Spectrum Disorder: A Pilot Study. *American Journal of Occupational Therapy*, 68, 57–65. doi:DOI 10.5014/ajot.2014.008664
- Holtzblatt, K., Wendell, J. B., & Wood, S. (2005). *Rapid Contextual Design: A How-to Guide to Key Techniques for User-Centered Design*. Ubiquity (Vol. 2005).
- Hondori, H. M., & Khademi, M. (2014). A Review on Technical and Clinical Impact of Microsoft Kinect on Physical Therapy and Rehabilitation. *Journal of Medical Engineering*, 2014. doi:http://dx.doi.org/10.1155/2014/846514
- Hoysniemi, J., Hamalainen, P., Turkki, L., & Rouvi, T. (2005). Children's intuitive gestures in vision-based action games. *Communications of the ACM*, 48(1), 44–50. doi:10.1145/1039539.1039568
- Jasmin, E., Couture, M., McKinley, P., Reid, G., Fombonne, E., & Gisel, E. (2009). Sensori-motor and daily living skills of preschool children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(2), 231–41. doi:10.1007/s10803-008-0617-z
- Karam, M., & Schraefel, M. . (2005). *A taxonomy of Gestures in Human Computer Interaction*.
- Keay-Bright, W. (2007). The Reactive Colours Project: Demonstrating Participatory and Collaborative Design Methods for the Creation of Software for Autistic Children. *Design Principles and Practices: An International Journal*, 1(2), 133–151.
- Kientz, J., Hayes, G., Westeyn, T., Starner, T., & Abowd, G. (2007). Pervasive Computing and Autism: Assisting Caregivers of Children with Special Needs. *IEEE Pervasive Computing*, 6(1), 28–35. doi:10.1109/MPRV.2007.18
- Koivisto, A., Merilampi, S., & Kiili, K. (2011). Mobile exergames for preventing diseases related to childhood obesity. In *International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies* (pp. 29:1–29:5). Barcelona, Spain. doi:10.1145/2093698.2093727
- Kottorp, A., Bernspång, B., & Fisher, A. G. (2003). Validity of a performance assessment of activities of daily living for people with developmental disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 47(Pt 8), 597–605. doi:475 [pii]
- Leaf, J. B., Dotson, W. H., Oppeneheim, M. L., Sheldon, J. B., & Sherman, J. a. (2010). The effectiveness of a group teaching interaction procedure for teaching social skills to young children with a pervasive developmental disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 4(2), 186–198. doi:10.1016/j.rasd.2009.09.003

- Leo, K. H., & Tan, B. Y. (2010). User-tracking Mobile Floor Projection Virtual Reality Game System for Paediatric Gait & Dynamic Balance Training. In *International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology* (pp. 25:1–25:4). Shanghai, China: Singapore Therapeutic, Assistive & Rehabilitative Technologies (START) Centre.
- Loftus, G. R., & Masson, M. E. J. (1994). Using confidence intervals in within-subject designs. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(4), 476–490. doi:10.3758/BF03210951
- Ma, M., & Bechkoum, K. (2008). Serious games for movement therapy after stroke. In *2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (pp. 1872–1877). Singapore: IEEE. doi:10.1109/ICSMC.2008.4811562
- Macvean, A. P. (2012). Developing Adaptive Exergames for Adolescent Children. In *Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 339–342). Bremen, Germany: ACM. doi:10.1145/2307096.2307162
- Magielse, R., & Markopoulos, P. (2009). HeartBeat: An Outdoor Pervasive Game for Children. In *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems* (pp. 2181–2184). Boston, MA, USA: ACM. doi:10.1145/1518701.1519033
- Malek, I. a, Machani, B., Mevcha, a M., & Hyder, N. H. (2006). Inter-observer reliability and intra-observer reproducibility of the Weber classification of ankle fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 88(9), 1204–6. doi:10.1302/0301-620X.88B9.17954
- Matson, J. L., & Nebel-Schwalm, M. (2007). Assessing challenging behaviors in children with autism spectrum disorders: a review. *Research in Developmental Disabilities*, 28(6), 567–79. doi:10.1016/j.ridd.2006.08.001
- Matson, M. L., Matson, J. L., & Beighley, J. S. (2011). Comorbidity of physical and motor problems in children with autism. *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2304–8. doi:10.1016/j.ridd.2011.07.036
- McCracken, G. (1988). *The Long Interview*. 2455 Teller Road, Newbury Park California 91320 United States of America: SAGE Publications, Inc. doi:10.4135/9781412986229
- Mieres, A. C., Kirby, R. S., Armstrong, K. H., Murphy, T. K., & Grossman, L. (2012). Autism spectrum disorder: an emerging opportunity for physical therapy. *Pediatric Physical Therapy*, 24(1), 31–7. doi:10.1097/PEP.0b013e31823e06d1
- Ming, X., Brimacombe, M., & Wagner, G. C. (2007). Prevalence of motor impairment in autism spectrum disorders. *Brain & Development*, 29(9), 565–70. doi:10.1016/j.braindev.2007.03.002
- Mintzberg, H. (1970). Structured Observation as a Method to Study Managerial Work. *The Journal of Management Studies*, 7(1), 87–104.

- Mokka, S., Väättänen, A., Heinilä, J., & Väikkynen, P. (2003). Fitness Computer Game with a Bodily User Interface. In *Proceedings of the second international conference on Entertainment computing* (Vol. 1, pp. 3–5). Pittsburgh, Pennsylvania.: Carnegie Mellon University.
- Mostofsky, S. H., Goldberg, M. C., Landa, R. J., & Denckla, M. B. (2000). Evidence for a deficit in procedural learning in children and adolescents with autism: implications for cerebellar contribution. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 6(7), 752–759. doi:10.1017/S1355617700677020
- Moya, S., Grau, S., Tost, D., Campeny, R., & Ruiz, M. (2011). Animation of 3D Avatars for Rehabilitation of the Upper Limbs. In *2011 Third International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications* (pp. 168–171). Athens, Greece: IEEE. doi:10.1109/VS-GAMES.2011.32
- Mueller, F., Agamanolis, S., & Picard, R. (2003). Exertion Interfaces: Sports over a Distance for Social Bonding and Fun. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 561–568). Lauderdale, Florida, USA: ACM. doi:10.1145/642611.642709
- Mueller, F. F., Gibbs, M. R., & Vetere, F. (2009). Design Influence on Social Play in Distributed Exertion Games. In *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems* (pp. 1539–1548). Boston, MA, USA: ACM. doi:10.1145/1518701.1518938
- Mueller, F. F., Peer, F., Agamanolis, S., & Sheridan, J. G. (2011). Gamification and Exertion. In *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems*. Vancouver, BC, Canada: ACM. doi:978-1-4503-0268-5/11/05.
- Noterdaeme, M., Wriedt, E., & Höhne, C. (2010). Asperger's syndrome and high-functioning autism: Language, motor and cognitive profiles. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 19(6), 475–481. doi:10.1007/s00787-009-0057-0
- Novalés, B. D. (2006). *Visual-motor Abilities in Individuals with Asperger Syndrome*. Texas Woman's University.
- Oliver, K. (2013). *Visual, Motor, and Visual-Motor Integration Difficulties in Students with Autism Spectrum Disorders*. Georgia State University.
- Pavlovic, V. I., Member, S., & Sharma, R. (1997). Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction : A Review. *Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 19(7), 677–695.
- Peer, F., Mazalek, A., Mueller, F., & Friedlander, A. (2011). Evaluating Technology that Makes Physical Games for Children more Engaging. In *Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 193–196). Ann Arbor, Michigan. doi:10.1145/1999030.1999059
- R Core Team. (2013). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.

- Raine, S. (2006). Defining the Bobath concept using the Delphi technique. *Physiotherapy Research International: The Journal for Researchers and Clinicians in Physical Therapy*, 11(1), 176–188. doi:10.1002/pri
- Rego, P., Moreira, P. M., & Reis, L. P. (2010). Serious Games for Rehabilitation: A Survey and a Classification Towards a Taxonomy. In *Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1–6). Santiago de Compostela: IEEE. doi:978-1-4244-7227-7
- Robson, C. (2002). *Real world research: A resource for social scientists and practitioner-researchers* (2nd Ed.). Maldren, MA: Blackwell.
- Rogers, Y., Sharp, H., & Preece, J. (2011). *Interaction Design: beyond human computer interaction* (3rd ed.). Wiley.
- Sanghavi, R., & Kelkar, R. (2005). Visual-Motor Integration and Learning Disabled Children. *The Indian Journal of Occupational Therapy*, 27(2), 33–38.
- Schl, T., Poppinga, B., Henze, N., & Boll, S. (2008). Gesture Recognition with a Wii Controller. In *Conference on Tangible and Embedded Interaction* (pp. 18–21).
- Schönauer, C., Pintaric, T., & Kaufmann, H. (2011). Full Body Interaction for Serious Games in Motor Rehabilitation. In *Proceedings of the 2nd Augmented Human International Conference* (pp. 4:1–4:8). Tokyo, Japan: ACM. doi:10.1145/1959826.1959830
- Sharman, M. J., Cresswell, A. G., & Riek, S. (2006). Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching. *Sports Medicine*, 36(11), 929–939.
- Sheridan, J. G., & Mueller, F. F. (2010). Fostering Kinesthetic Literacy through Exertion in Whole Body Interaction. In *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems* (pp. 1–5). Atlanta, Georgia, USA: ACM. doi:978-1-60558-930-5/10/04
- Sinclair, J., Hingston, P., & Masek, M. (2007). Considerations for the design of exergames. In *International conference on Computer graphics and interactive techniques in Australia and Southeast Asia* (Vol. 1, pp. 289–296). ACM.
- Slocum, S. K., Miller, S. J., & Tiger, J. H. (2012). Using a blocked-trials procedure to teach identity matching to a child with autism. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 45(3), 619–24. doi:10.1901/jaba.2012.45-619
- Spelmezan, D., & Borchers, J. (2009). Tactile Motion Instructions For Physical Activities. In *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems* (pp. 2243–2252). Boston, MA, USA: ACM. doi:10.1145/1518701.1519044
- Steyn, B., & Couteur, A. Le. (2003). Understanding autism spectrum disorders. *Current Paediatrics*, 13, 274–278. doi:10.1016/S0957-5839(03)00049-

- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for developing grounded theory*. (Segunda ed.). SAGE Publications.
- Sugarman, H., & Weisel-eichler, A. (2009). Use of the Wii Fit system for the treatment of balance problems in the elderly: A feasibility study. In *Virtual Rehabilitation International Conference* (pp. 111–116). Haifa: IEEE Computer Society. doi:10.1109/ICVR.2009.5174215
- Sullivan, J. (1986). The Global Method: in the Language content experience areas. *The Reading Teacher*, 39(7), 664–668.
- Tanaka, K., Parker, J., Baradoy, G., Sheehan, D., Holash, J. R., & Katz, L. (2012). A Comparison of Exergaming Interfaces for Use in Rehabilitation Programs and Research. *Loading... The Journal of the Canadian Game Studies Association*, 6(9), 69–81.
- Tang, S., & McCorkle, R. (2002). Use of family proxies in quality of life research for cancer patients at the end of life: a literature review. *Cancer Invest*, 20(7–8), 1086–1104.
- Tawney, J. W., & Gast, D. L. (1984). *Single subject research in special education*. Columbus, OH: Charles E. Merrill.
- Uzuegbunam, N., Wong, W., Cheung, S. S., & Ruble, L. (2015). MEBOOK: Kinect-based Self-Modeling Intervention for Children with Autism. In *IEEE International Conference of Multimedia and Expo ICME 2015*.
- Walter, R., Bailly, G., & Muller, J. (2013). StrikeAPose: Revealing Mid-Air Gestures on Public Displays. In *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 841–850). ACM. doi:10.1145/2470654.2470774
- Wattanasoontorn, V., Boada, I., García, R., & Sbert, M. (2013). Serious games for health. *Entertainment Computing*, 4(4), 231–247. doi:10.1016/j.entcom.2013.09.002
- Westwater-Wood, S., Adams, N., & Kerry, R. (2010). The use of proprioceptive neuromuscular facilitation in physiotherapy practice. *Physical Therapy Reviews*, 15(1), 23–28. doi:10.1179/174328810X12647087218677
- Wiemeyer, J. (2014). Serious Games in Neurorehabilitation –A Systematic Review of Recent Evidence. *Proceedings of the 2014 ACM International Workshop on Serious Games*, 33–38.
- Wilcoxon, F. (1945). Individual Comparisons by Ranking Methods Frank Wilcoxon. *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80–83.
- Wilson, B. N., & Crawford, S. G. (2009). The Developmental Coordination Disorder Questionnaire. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 29(2009), 182–202.
- Yim, J., & Graham, T. C. N. (2007). Using Games to Increase Exercise Motivation. In *Future Play* (pp. 166–173). Toronto, Canada: ACM. doi:10.1145/1328202.1328232

Apéndices

Apéndice 1

Manual de instrucciones para la evaluación formativa

Manual de instrucciones - Fase I – Ejercicios laterales

Lugar: Salón de evaluación.

Objetivo por sesión: Realizar 3 series los ejercicios motrices laterales.

Nota inicial: Cambiar las palabras correspondientes de acuerdo al tipo de condición que se esté llevando a cabo. Ejemplo: soportes visuales en la pared para la condición de línea base, y proyección en la pared, para la condición de videojuego.

1. Coloque al niño de pie frente a la pared frontal sobre el rectángulo marcado de rojo en el piso.
2. Verifique que el niño tenga una postura correcta.
 - a. **Postura correcta:** Parado frente a la pared de los cuadrantes, espalda derecha, brazos a los costados, mirada al frente.
3. Haga que niño que ubique los cuadrantes que se encuentran frente a él, señalando el arriba y abajo.

Instrucción: “Fíjate _____, en la pared (o proyección), ¿dónde es arriba? / ¿Dónde es abajo?”

Haga que el niño responda.

Si el niño dice solo el color, señale arriba y debajo en la pared.

4. Comience con la primera serie de ejercicios, los cuales se describen a continuación.

Descripción de una serie de ejercicios motrices

Laterales derechos. Total: 10 ensayos.

5. Brinde la instrucción verbal al niño. *Contar 1, 2, 3, ..., 10.*
 - a. **Instrucción verbal:** *Mano derecha arriba, mano derecha abajo.*

Repetir el ejercicio 10 veces.

Nota: si el niño no logra llevar a cabo el ejercicio, vaya brindándole progresivamente la ayuda que va necesitando. Ejemplos:

- b. Darle el modelo del movimiento,
- c. señalar donde tiene que subir y bajar el brazo,
- d. tomar el brazo del niño y subirlo arriba y abajo.

Cuando el niño termine los 10 ensayos, felicitarlo con incentivos verbales o afectivos.

Laterales izquierdos. Total: 10 ensayos.

6. Brinde la instrucción verbal al niño.
 - a. **Instrucción verbal:** *Mano izquierda arriba, mano izquierda abajo.*

Repetir el ejercicio 10 veces.

Brindar sólo la ayuda que el niño requiera para llevar a cabo los ejercicios.

Alternado de laterales. Total: 10 ensayos con cada brazo. (20 en total)

7. Brinde la instrucción verbal al niño y modele el movimiento al inicio de cada ejercicio.
 - a. **Instrucciones verbales:**
 - Comenzamos con la derecha.
 - Mano derecha arriba, mano derecha abajo.
 - Seguimos con la izquierda.
 - *Mano izquierda arriba, mano izquierda abajo.*

Repetir el ejercicio 10 veces.

Brindar sólo la ayuda que el niño requiera para llevar a cabo los ejercicios.

8. Repetir esta serie 3 veces.**Consideraciones.**

- Verificar continuamente la postura del niño. Si no tiene la postura correcta, corregir al niño en su postura. Verificar que se encuentre dentro del rectángulo rojo en el piso.
- Brindar solo la ayuda que el niño requiera para llevar a cabo los ejercicios.
- Desvanecer la intensidad y frecuencia de la ayuda e incentivos conforme el niño vaya realizando los ejercicios de manera independiente.
- Si el niño no puede completar las 3 series de ejercicios, detener la sesión y anotar la razón. Ej. Conducta / comportamiento, atención, dificultad motora. Sin embargo, si el niño lo permite, continúe con los ejercicios a pesar de que el niño requiera ayuda. Es importante saber qué tanto puede tolerar el niño.

Manual de instrucciones - Fase II – Ejercicios cruzados

Lugar: Salón de evaluación.

Objetivo por sesión: Realizar 3 series los ejercicios motrices cruzados.

Nota inicial: Cambiar las palabras correspondientes de acuerdo al tipo de condición que se esté llevando a cabo. Ejemplo: soportes visuales en la pared para la condición de línea base, y proyección en la pared, para la condición de videojuego.

1. Coloque al niño de pie frente a la pared frontal sobre el rectángulo marcado de rojo en el piso.
2. Verifique que el niño tenga una postura correcta.
 - a. **Postura correcta:** Parado frente a la pared de los cuadrantes, espalda derecha, brazos a los costados, mirada al frente.
3. Haga que niño que ubique los cuadrantes que se encuentran frente a él, señalando el arriba y abajo.

Instrucción: "Fíjate _____, en la pared (o proyección), ¿dónde es arriba? / ¿Dónde es abajo?"

Haga que el niño responda.

Si el niño dice solo el color, señale arriba y debajo en la pared.

4. Comience con la primera serie de ejercicios, los cuales se describen a continuación.

Descripción de una serie de ejercicios motrices

Cruzados derechos. Total: 10 ensayos.

5. Brinde la instrucción verbal al niño. *Contar 1, 2, 3, ..., 10.*

a. **Instrucción verbal:** *Mano derecha arriba, cruza hacia abajo.*

Repetir el ejercicio 10 veces.

Nota: si el niño no logra llevar a cabo el ejercicio, vaya brindándole progresivamente la ayuda que va necesitando. Ejemplos:

- b. Darle el modelo del movimiento,
- c. señalar donde tiene que subir y bajar el brazo,
- d. tomar el brazo del niño y llevarlo arriba y abajo.

Cuando el niño termine los 10 ensayos, felicitarlo con incentivos verbales o afectivos.

Cruzados izquierdos. Total: 10 ensayos.

6. Brinde la instrucción verbal al niño.

a. **Instrucción verbal:** *Mano izquierda arriba, cruza hacia abajo.*

Repetir el ejercicio 10 veces.

Brindar sólo la ayuda que el niño requiera para llevar a cabo los ejercicios.

Alternado de cruzados. Total: 10 ensayos con cada brazo. (20 en total)

7. Brinde la instrucción verbal al niño y modele el movimiento al inicio de cada ejercicio.

a. **Instrucciones verbales:**

- Comenzamos con la derecha.
- Mano derecha arriba, cruza hacia abajo.
- Seguimos con la izquierda.
- *Mano izquierda arriba, cruza hacia abajo.*

Repetir el ejercicio 10 veces.

Brindar sólo la ayuda que el niño requiera para llevar a cabo los ejercicios.

8. Repetir esta serie 3 veces.

Consideraciones.

- Verificar continuamente la postura del niño. Si no tiene la postura correcta, corregir al niño en su postura. Verificar que se encuentre dentro del rectángulo rojo en el piso.
- Brindar solo la ayuda que el niño requiera para llevar a cabo los ejercicios.
- Desvanecer la intensidad y frecuencia de la ayuda e incentivos conforme el niño vaya realizando los ejercicios de manera independiente.
- Si el niño no puede completar las 3 series de ejercicios, detener la sesión, y anotar la razón. Ej. Conducta / comportamiento, atención, dificultad motora. Sin embargo, si el niño lo permite, continúe con los ejercicios a pesar de que el niño requiera ayuda. Es importante saber qué tanto puede tolerar el niño.

Apéndice 2

Cuestionario de la coordinación motriz

Apéndice 3

Prueba de integración visual-motriz

Fecha: _____

Test de integración visual-motriz – Trazo 1

Nombre: _____ **Terapeuta:** _____ **Medición #:** _____

Instrucción: Emplee su dedo para hacer el trazo. Haga que el niño imite sus movimientos y luego coja el crayón para copiar la línea.

	
--	--

Fecha: _____

Test de integración visual-motriz – Trazo 2

Nombre: _____ **Terapeuta:** _____ **Medición #:** _____

Instrucción: Emplee su dedo para hacer el trazo. Haga que el niño imite sus movimientos y luego coja el crayón para copiar la línea.

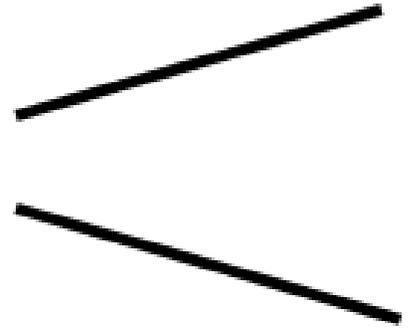
	
---	--

Fecha: _____

Test de integración visual-motriz – Trazo 3

Nombre: _____ **Terapeuta:** _____ **Medición #:** _____

Instrucción: Emplee su dedo para hacer el trazo. Haga que el niño imite sus movimientos y luego coja el crayón para copiar las líneas.

	
--	--

Fecha: _____

Test de integración visual-motriz – Trazo 1

Nombre: _____ **Terapeuta:** _____ **Medición #:** _____

Instrucción: Emplee su dedo para hacer el trazo. Haga que el niño imite sus movimientos y luego coja el crayón para copiar la línea.

	
--	--

Fecha: _____

Test de integración visual-motriz - Trazo 2

Nombre: _____ Terapeuta: _____ Medición #: _____

Instrucción: Emplee su dedo para hacer el trazo. Haga que el niño imite sus movimientos y luego coja el crayón para copiar la línea.

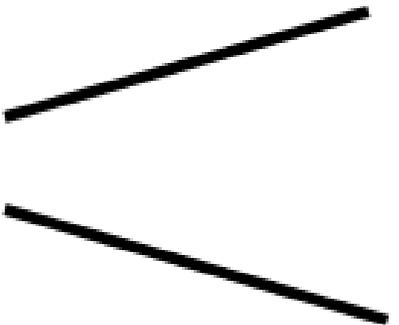
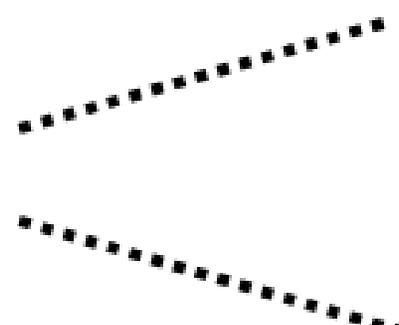
	
---	---

Fecha: _____

Test de integración visual-motriz – Trazo 3

Nombre: _____ Terapeuta: _____ Medición #: _____

Instrucción: Emplee su dedo para hacer el trazo. Haga que el niño imite sus movimientos y luego coja el crayón para copiar las líneas.

	
--	--

Fecha: _____

Nombre: _____ Terapeuta: _____ Medición #: _____

Papel - Copiar

Tarea	Tiempo	0	1	2	3	Comentarios
Trazo 1						
Trazo 2						
Trazo 3						

Papel – Patrón

Tarea	Tiempo	0	1	2	3	Comentarios
Trazo 1						
Trazo 2						
Trazo 3						

Pizarrón - Copiar

Tarea	Tiempo	0	1	2	3	Comentarios
Trazo 1						
Trazo 2						
Trazo 3						

Pizarrón - Patrón

Tarea	Tiempo	0	1	2	3	Comentarios
Trazo 1						
Trazo 2						
Trazo 3						

Para obtener un perfil de desarrollo general de los niños evaluados, puntúe cada trazo o habilidad según la siguiente escala de valoración:

0. Cuando el alumno no alcanza ni siquiera parcialmente el desarrollo de la habilidad descrita.
1. Cuando consideramos que posee algún grado aunque sea escaso, o manifiesta esporádicamente rasgos de las habilidades.
2. Cuando las habilidades aparecen en el alumno en un grado significativo aunque no completo.
3. Cuando el alumno alcanza y/o supera lo previsto.

Apéndice 4

Análisis de casos

A continuación se presentan dos casos del rendimiento motor de los siete participantes analizados; P6, correspondiente al grupo de integrados/pre-académicos y considerado como uno de los peores casos de ese grupo, y P10, perteneciente al grupo de pre-laborales, considerado como uno de los mejores casos de ese grupo.

Peor Caso: P6 – Grupo Integrados/pre-académicos

- Edad: 7 años
- Funcionalidad: Baja
- Nivel de habilidades de coordinación motriz: bajo
- Nivel de habilidades integración visual-motriz: bajo
- No verbal

P6 es un niño de 7 años con problemas conductuales severos. Sus habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz son de nivel bajo. Además, tiene un tono muscular bajo, carece de fuerza y control en sus movimientos.

Fase I: Ejercicios laterales

De los movimientos que P6 realizó para llevar a cabo los ejercicios de integración visual-motriz laterales, para la condición de tradicional laterales, el 48.08% fueron independientes y el 51.92% no independientes. Mientras que para la condición de FroggyBobby4.0 laterales, el 54.65% fueron movimientos independientes y el 45.35% no independientes (Figura 57a). La prueba t de Wilcoxon de rangos con signo no mostró diferencia significativa en los movimientos independientes en ambas condiciones ($p = 0.875$).

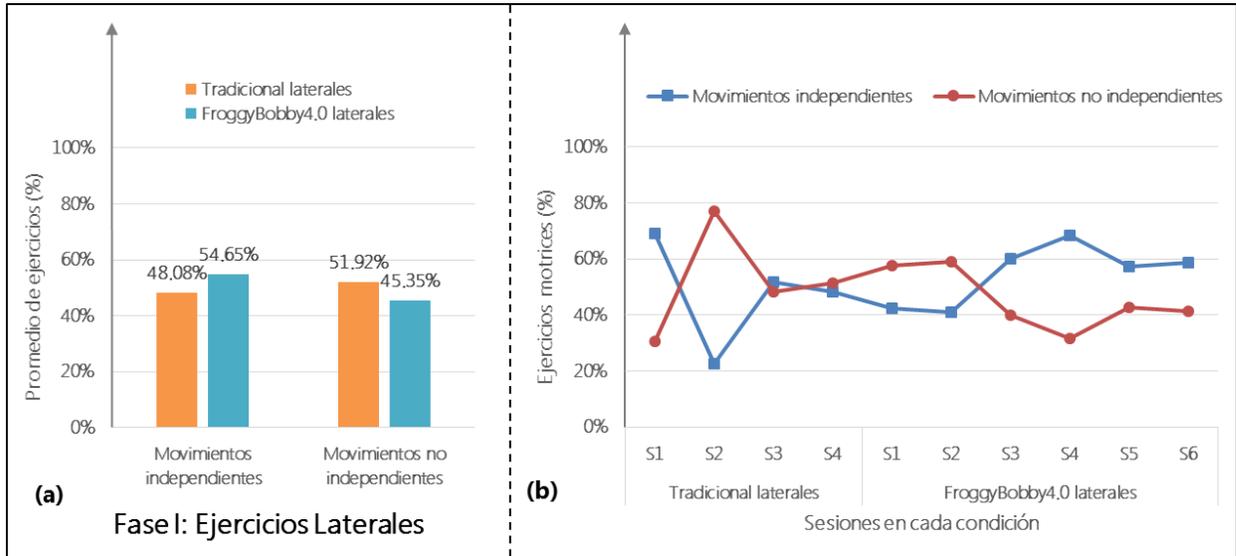


Figura 57. Porcentajes del rendimiento motor del participante P6 durante la fase I. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz que realizó independientes vs no independientes en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz independientes vs no independientes en cada sesión de cada condición.

De los ejercicios de integración visual-motriz independientes que P6 realizó, el 76.67% fueron movimientos dirigidos, y el 23.33% fueron movimientos no dirigidos, en la condición de FroggyBobby4.0 laterales. En la condición de tradicional laterales, el 53.31% fueron dirigidos, mientras que el 46.69% fueron no dirigidos (Figura 58a). No se encontró diferencia significativa entre el porcentaje de movimientos dirigidos en ambas condiciones ($p = 0.375$). Sin embargo, la psicoterapeuta de P6 comentó que el niño se mantuvo más enfocado en la terapia en la condición FroggyBobby4.0 laterales. Además, la psicoterapeuta percibió un avance en la ejecución de la terapia con la condición de FroggyBobby4.0 laterales, en comparación de la terapia con la condición de tradicional laterales:

“Como la terapia [condición tradicional laterales] es muy repetitiva, de repente era demasiado para P6 y se tiraba al piso, hacía berrinche, ni siquiera se mantenía, no toleraba la actividad” – Psicoterapeuta de P6 (Integrados/pre-académicos 2), entrevista en condición de tradicional laterales.

“Yo siento que le fue mejor a P6 con el juego, se mantuvo más, a lo mejor su atención no estaba tan enfocada pero estaba en la actividad, estaba parado y seguía las instrucciones... Lo que si noté fue como el tono muscular... noté más fuerza en el movimiento... yo me acuerdo que en la línea base, yo le subía la mano y él sin fuerza, y ahorita ya coordina mejor ese movimiento, con un poquito más fuerza” –Psicoterapeuta de P6 (Integrados/pre-académicos 2), entrevista en condición de FroggyBobby4.0 laterales.

Los movimientos dirigidos de P6, aumentaron a partir de la sesión 4 (S4) en la condición de tradicional laterales (Figura 58b). Mientras que en la condición de FroggyBobby4.0 laterales, durante las sesiones S1 y S2 los movimientos dirigidos se mantuvieron arriba del 80%, bajando el porcentaje durante las sesiones S3, S4 y S5. Cabe mencionar que durante las sesiones S3, S4 y S5, los movimientos independientes aumentaron (Figura 57b), es decir, P6 comenzó a realizar más ejercicios sin ayuda física de la psicoterapeuta. Por esta razón, los movimientos no dirigidos aumentaron, y los dirigidos disminuyeron. Este resultado indica un compromiso entre la independencia del movimiento y la ejecución correcta del mismo. Cuando P6 realiza un porcentaje mayor de movimientos independientes, estos movimientos tienden a ser mayormente movimientos no dirigidos. A diferencia de cuando P6 realiza un porcentaje menor de movimientos dirigidos, donde ese porcentaje de movimientos, tiende a ser mayormente dirigidos. Así, este resultado indica mayor independencia en el movimiento, pero menor dirección del mismo.

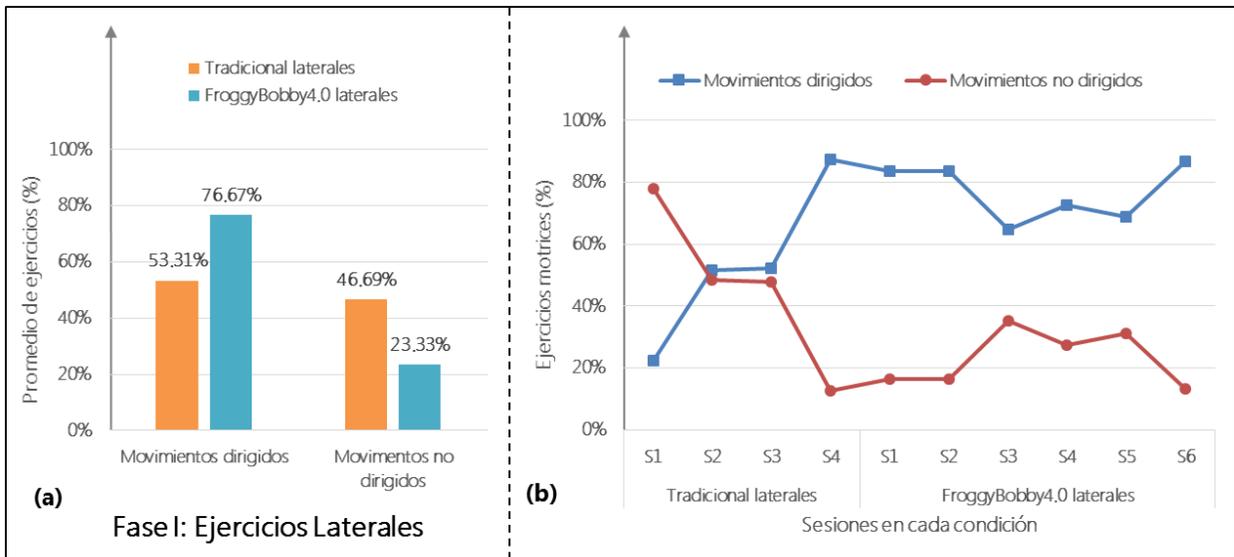


Figura 58. Porcentajes del rendimiento motor del participante P6 durante la fase I. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz que realizó dirigidos vs no-dirigidos en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz dirigidos vs no-dirigidos en cada sesión de cada condición.

Del porcentaje de los movimientos dirigidos que P6 llevó a cabo en promedio en cada condición (53.31% tradicional laterales y 76.67% FroggyBobby4.0 laterales), el 3.59% fueron movimientos dirigidos exactos para el caso de la condición de tradicional laterales, y el 14.27% para el caso de la condición de FroggyBobby4.0 laterales (Figura 59a). No se encontró diferencia significativa entre los movimientos dirigidos exactos entre ambas

condiciones ($p = 0.625$). Sin embargo, la psicoterapeuta de P6 comentó que durante la terapia con FroggyBobby4.0 laterales, P6 tuvo la iniciativa por realizar los ejercicios, principalmente para alcanzar el botón de arriba (levantar el brazo):

“...si he notado que P6 hace los ejercicios más coordinados y con más fuerza, ya no es tan débil el movimiento... pero desde las primeras sesiones a las últimas si he notado un avance... no lo hace súper bien, pero levanta el brazo, y algunos ejercicios si los hace independientes, si dirige bien el movimiento hacia el botón, más que nada al botón de arriba...” –**Psicoterapeuta de P6 (Integrados/pre-académicos 2), entrevista en condición de FroggyBobby4.0 laterales.**

Los movimientos dirigidos exactos de P6, aumentaron a partir de la sesión 4 (S4) de la condición de FroggyBobby4.0 laterales (Figura 59b).

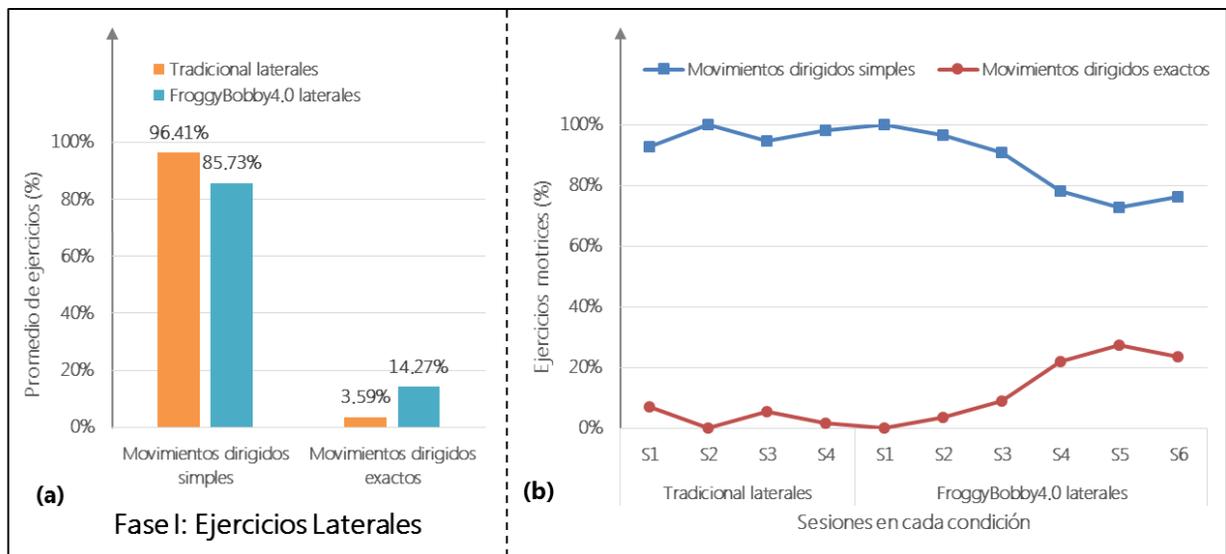


Figura 59. Porcentajes de la precisión del movimiento del participante P6 durante la fase I. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz exactos vs simples en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz exactos vs simples en cada sesión de cada condición.

Fase II: Ejercicios cruzados

En general, los ejercicios de integración visual-motriz cruzados resultaron más retadores para P6 en comparación de los ejercicios laterales. Además, debido a la dirección y precisión del movimiento que FroggyBobby4.0 demanda, P6 realizó más movimientos independientes en la condición de tradicional cruzados (75.76%) en comparación de la terapia con FroggyBobby4.0 cruzados (59.13%), necesitando más ayuda física de la terapeuta para realizar los ejercicios con el videojuego (Figura 60a). No se encontró diferencia significativa en los movimientos independientes entre ambas condiciones ($p = 0.125$).

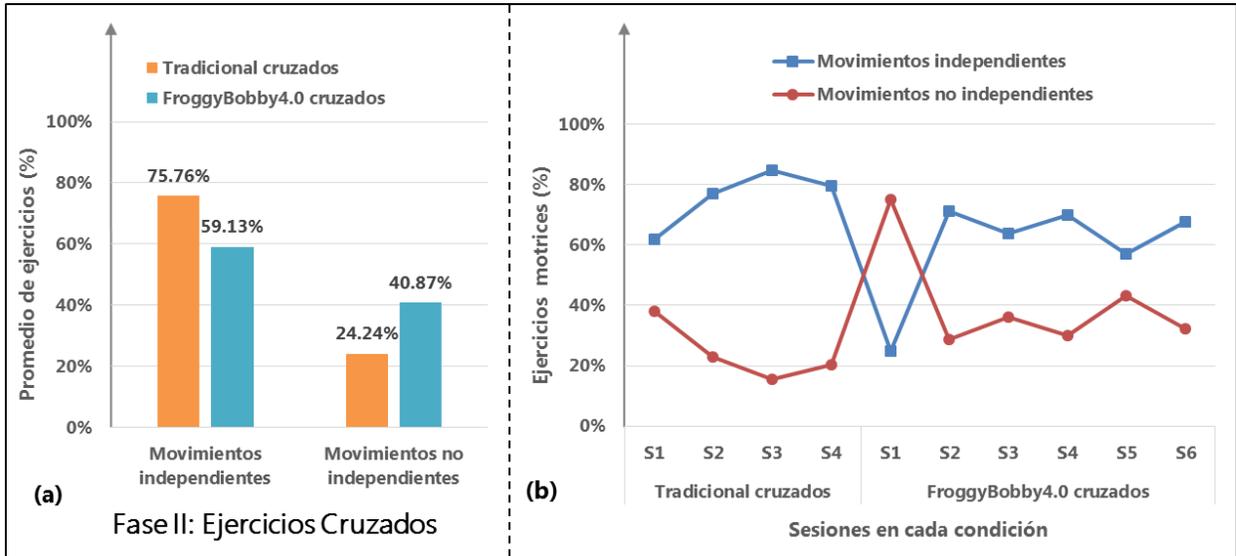


Figura 60. Porcentaje del rendimiento motor del participante P6 durante la fase II. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz que realizó independientes vs no independientes en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz independientes vs no independientes en cada sesión de cada condición.

En la Figura 60b se puede observar que los movimientos independientes aumentan a partir de la sesión S2 de la condición de tradicional cruzados. Mientras que en la condición de FroggyBobby4.0 cruzados, los movimientos dirigidos disminuyen en la sesión S1 (en comparación con S4 de tradicional cruzados). Sin embargo, los movimientos independientes aumentan a partir de la S2, manteniéndose a partir de ahí entre 55 y 65% para las siguientes sesiones.

De los ejercicios cruzados independientes que P6 realizó, en promedio, 77.92% fueron movimientos dirigidos y 22.08% movimientos no dirigidos con la condición tradicional cruzados. En la condición de FroggyBobby4.0 cruzados, el 80.31% fueron dirigidos y el 19.69% no dirigidos (Figura 61a). No se encontró diferencia significativa entre el porcentaje de movimientos dirigidos de los ejercicios cruzados de ambas condiciones ($p = 0.875$). Este resultado puede indicar que las habilidades de integración visual-motriz, en particular en la dirección del movimiento hacia un objetivo, se mantuvieron en la segunda fase de la evaluación, sin diferencia en la dirección del movimiento al practicar los ejercicios con terapia tradicional o con FroggyBobby4.0.

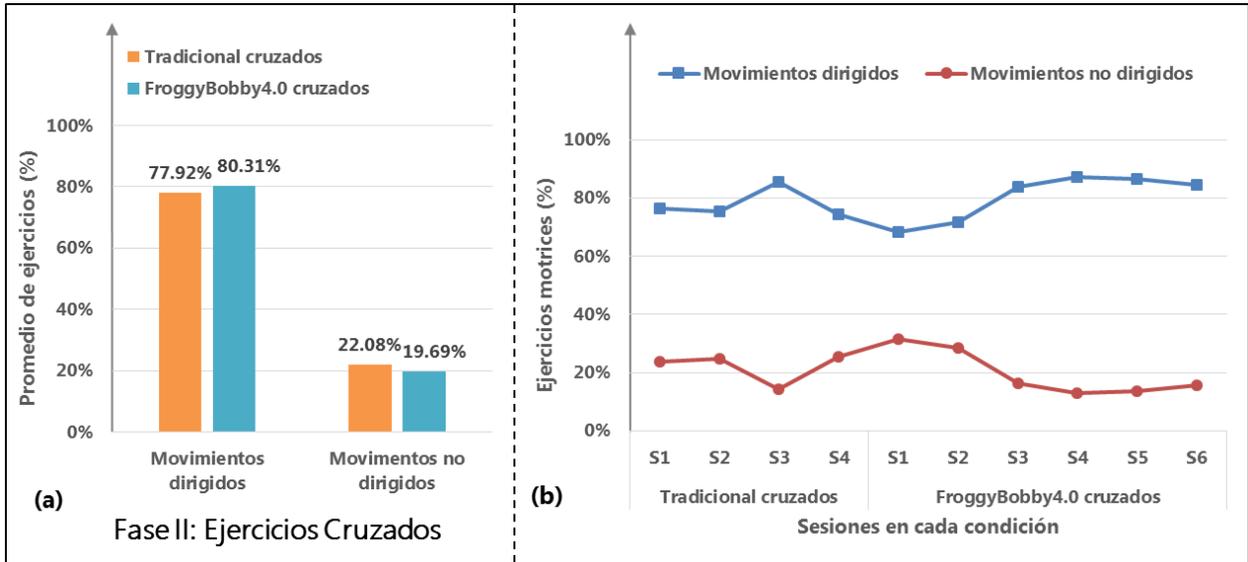


Figura 61. Porcentajes del rendimiento motor del participante P6 durante la fase II. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz dirigidos vs no-dirigidos en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz dirigidos vs no-dirigidos en cada sesión de cada condición.

La psicoterapeuta de P6 comentó que durante la fase II en condición de tradicional cruzados, P6 se seguía tirando al piso debido a que no toleraba la actividad. Sin embargo, el tiempo de tolerancia a la actividad aumentó, porque P6 se adaptó al lugar de la terapia, y ya estaba familiarizado con el proceso a seguir:

“P6 ya estuvo más atento, como que ya sabe a lo que va, le cambiamos el ejercicio a cruzado pero ya sabe dónde se tiene que parar, y ya sabe qué es arriba y que es abajo, apenas está identificando el cruzado, pero si lo noté más atento, de repente pues si se tiraba al piso, jalaba la cámara, pero si lo toleró un poco más...” –**Psicoterapeuta de P6 (Integrados/pre-académicos 2), entrevista en condición de tradicional cruzados.**

Durante la fase II en condición de FroggyBobby4.0 cruzados, la psicoterapeuta percibió que las primeras sesiones fueron difíciles de ejecutar para P6, ya que FroggyBobby4.0 demanda realizar un estiramiento correcto para alcanzar los botones en la pantalla, siendo más complicado de alcanzar el botón de abajo (después de cruzar el brazo). Durante las primeras sesiones, P6 seguía levantando el brazo para tocar el botón de arriba, pero no tenía la iniciativa de tocar el botón de abajo (cruzado). Fue hasta en las últimas sesiones, que P6 intentó cruzar su brazo para alcanzar el botón de abajo.

“P6 al inicio quiso seguir haciendo los ejercicios laterales, entonces bajaba el brazo, en vez de cruzarlo, y en la línea base como no tenía que estirarlo tanto, pues por lo menos lo aventaba [el brazo], aquí en el juego no, aquí si necesita estirarlo bien, sino, no cuenta, entonces él prefiere que

yo le ayude [físicamente] a alcanzar el botón de abajo” –Psicoterapeuta de P6 (Integrados/pre-académicos 2), entrevista en condición de FroggyBobby4.0 cruzados.

“...en estas últimas sesiones del juego, ya noté más independencia al intentar cruzar el brazo para tocar el botón de abajo, ya no se espera a que yo le brindé la ayuda, sino que él tiene la iniciativa para cruzarlo, al final yo le tengo que ayudar con la precisión, pero ya lo intenta” –Psicoterapeuta de P6 (Integrados/pre-académicos 2), entrevista en condición FroggyBobby4.0 cruzados.

Los movimientos dirigidos de P6 disminuyeron en la primera sesión, con la condición FroggyBobby4.0 cruzados (S1) (Figura 61b), y se mostró un aumento a partir de la sesión 2 (S2) de la condición de FroggyBobby4.0 cruzados, reafirmando la percepción de la psicoterapeuta referente a que P6 comenzó a intentar dirigir sus movimientos en la condición de FroggyBobby4.0 cruzados en las últimas sesiones de uso.

Del porcentaje de los movimientos dirigidos que P6 llevó a cabo en promedio en cada condición (77.92% tradicional cruzados y 80.31% FroggyBobby4.0 cruzados), el 4.88% fueron movimientos dirigidos exactos para el caso de la condición de tradicional cruzados, y el 4.58% para el caso de FroggyBobby4.0 cruzados (Figura 62a). No se encontró diferencia significativa entre los movimientos dirigidos exactos entre ambas condiciones ($p = 0.625$) (Figura 62a). Los movimientos dirigidos exactos oscilaron entre 2.5% al 7.5% en las sesiones de ambas condiciones (Figura 62b).

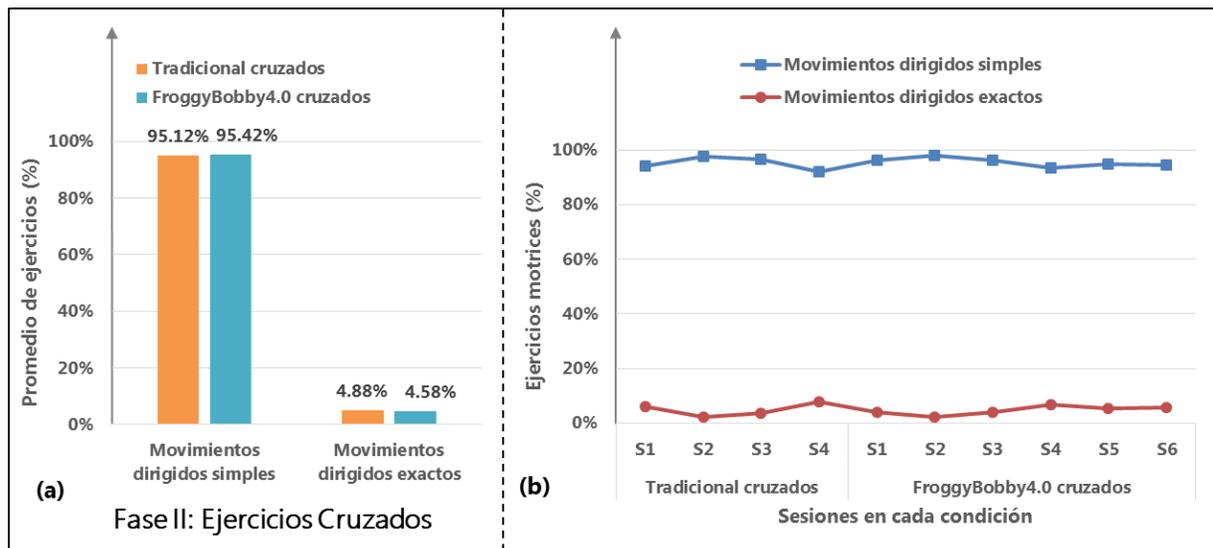


Figura 62. Porcentaje de la precisión del movimiento del participante P6 durante la fase II. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz exactos vs simples en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz exactos vs simples en cada sesión de cada condición.

El porcentaje de movimientos dirigidos exactos en la condición de FroggyBobby4.0 cruzados de esta fase (4.58%) es menor al porcentaje de movimientos dirigidos exactos

en la fase I, para la condición de FroggyBobby4.0 laterales (14.27%). Estos resultados indican que los ejercicios cruzados resultaron más difíciles de comprender para P6, en ambas condiciones, en comparación con los ejercicios laterales.

En resumen, P6 realizó un mayor porcentaje de movimientos dirigidos usando FroggyBobby4.0 y practicando los ejercicios laterales en comparación con la terapia tradicional. Además, los movimientos dirigidos exactos usando FroggyBobby4.0 tuvieron un mayor porcentaje en la fase de ejercicios laterales en comparación de los ejercicios cruzados. Estos resultados indican que FroggyBobby4.0 puede impactar positivamente en el rendimiento motor de los ejercicios laterales de un niño con autismo de baja funcionalidad con problemas severos de integración visual-motriz. Sin embargo, para el caso de los ejercicios cruzados, el porcentaje de movimientos dirigidos fue similar a los de la condición de terapia tradicional. A pesar de que en la precisión de movimiento, es decir, en los movimientos dirigidos exactos, la diferencia fue de 0.30% entre ambas condiciones, no está claro si FroggyBobby4.0 apoya eficazmente a la ejecución de los ejercicios cruzados, en comparación con la terapia tradicional. Estos resultados pueden ser indicio de que los ejercicios cruzados fueron más difíciles de comprender para P6 (en comparación de los laterales). Lo que puede indicar que P6 tal vez necesitaba más sesiones de los ejercicios laterales, antes de continuar con los ejercicios cruzados.

Caso: P10 – Grupo Pre-Laboral

Características del participante

- Edad: 12 años
- Funcionalidad: Media
- Nivel de habilidades de coordinación motriz: medio-alto
- Nivel de habilidades integración visual-motriz: medio-alto
- No verbal

P10 es un niño de 12 años con problemas conductuales moderados. Sus habilidades de coordinación motriz y de integración visual-motriz son de nivel medio-alto. Es un niño no verbal, sin embargo tiene la capacidad de pronunciar algunas palabras esporádicamente.

Fase I: Ejercicios laterales

P10 realizó todos los ejercicios de integración visual-motriz laterales de manera independiente en ambas condiciones (Figura 63a), es decir, no requirió ayuda física por parte de su psicoterapeuta en ninguna de las sesiones de ambas condiciones (Figura 63b).

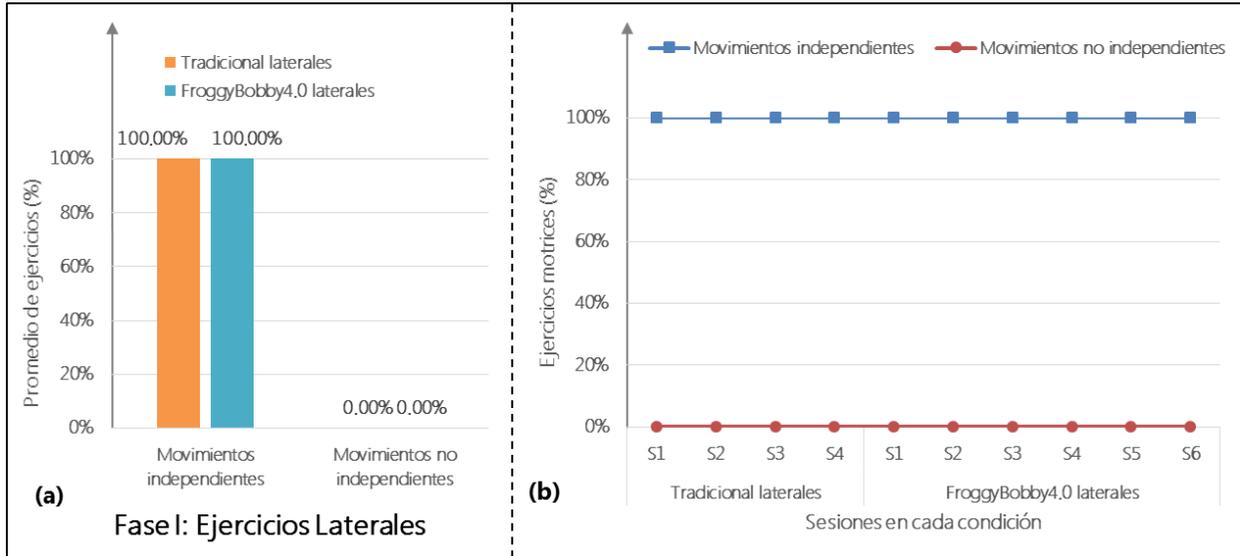


Figura 63. Porcentaje del rendimiento motor del participante P10 durante la fase I. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz que realizó independientes vs no independientes en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz independientes vs no independientes en cada sesión de cada condición.

La Figura 64a muestra el porcentaje promedio de ejercicios de integración motriz laterales que el participante P10 realizó como movimientos dirigidos al objetivo y los que realizó como movimientos no-dirigidos al objetivo, en cada condición.

De los movimientos independientes que el participante P10 realizó, el 100% fueron movimientos dirigidos, para la condición de FroggyBobby4.0 laterales. Mientras que para la condición de tradicional laterales, el 93.36% fueron dirigidos (Figura 64a). No se encontró diferencia significativa entre el porcentaje de movimientos dirigidos de ambas condiciones ($p = 0.3711$).

Los movimientos dirigidos de P10 aumentaron a partir de la sesión 2 (S2) de la condición de tradicional laterales y se mantuvieron a lo largo de las siguientes sesiones (Figura 64b).

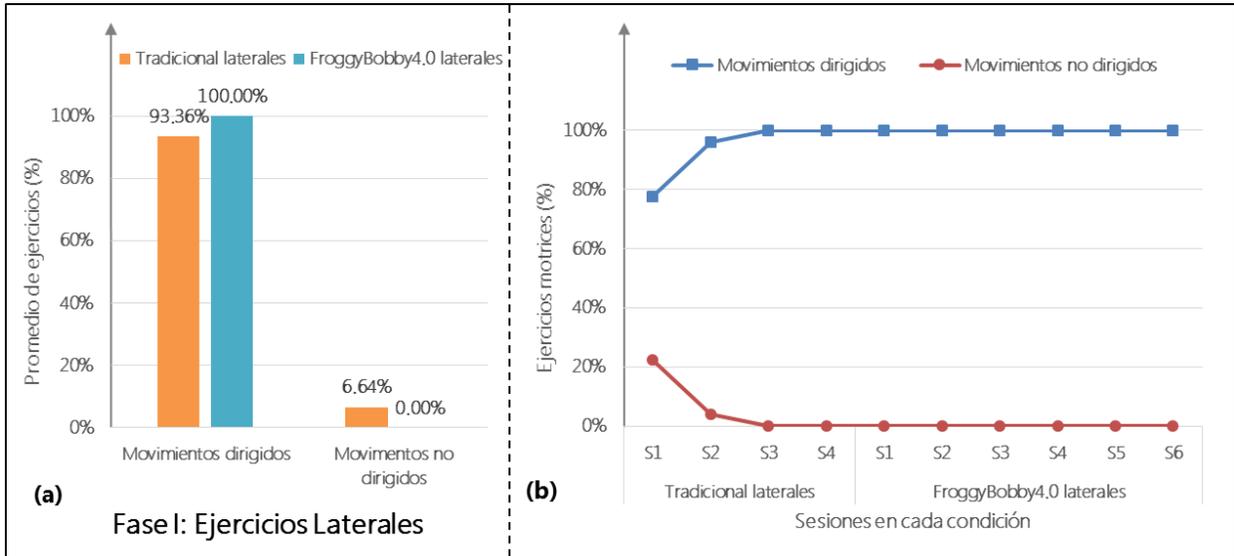


Figura 64. Porcentajes del rendimiento motor del participante P10 durante la fase I. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz dirigidos vs no-dirigidos en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz dirigidos vs no-dirigidos en cada sesión de cada condición.

Del porcentaje de los movimientos dirigidos que P10 llevó a cabo en promedio en cada condición (93.36% tradicional laterales y 100% FroggyBobby4.0 laterales), el 14.22% fueron movimientos dirigidos exactos para el caso de la condición de tradicional laterales, y el 71.99% para el caso de FroggyBobby4.0 laterales (Figura 65a). Una prueba *t* de Wilcoxon de rangos con signo mostró diferencia significativa entre los movimientos dirigidos exactos entre ambas condiciones ($p = 0.004391$).

La psicoterapeuta comentó que P10 estuvo atento en la terapia en ambas condiciones, pero percibió que en la condición de tradicional laterales, P10 realizó los movimientos dirigidos, pero con falta de precisión para detener el movimiento de acuerdo al soporte visual en la pared:

“Con P10 desde un principio si noté que estaba atento a la terapia... él sabe lo que tiene que hacer y sabe hacia dónde dirigir el movimiento, pero si noté que me hace los ejercicios circulares, como si estuviera nadando, si los hace arriba y abajo, pero me forma un círculo, no se detiene dónde se debe detener de acuerdo a los soportes visuales en la pared” –Psicoterapeuta de P10 (Pre-laboral 1), entrevista en condición de tradicional laterales.

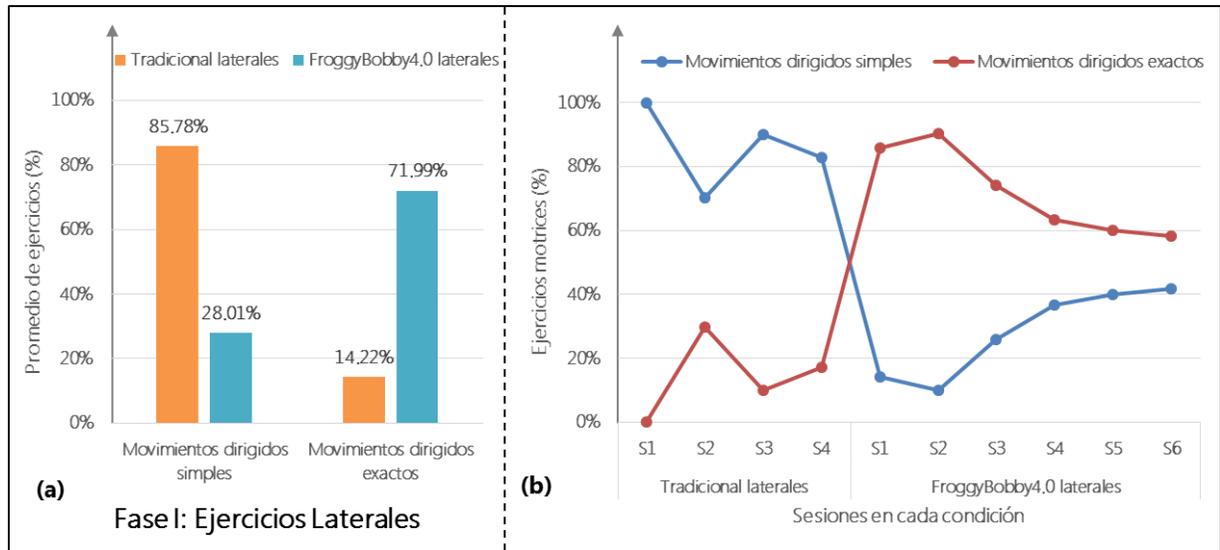


Figura 65. Porcentajes de la precisión del movimiento del participante P10 durante la fase I. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz exactos vs simples en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz exactos vs simples en cada sesión de cada condición.

Por el contrario, en la condición de FroggyBobby4.0 laterales, la psicoterapeuta observó una mejora en los movimientos de P10, debido a que FroggyBobby4.0 demanda que P10 realice los movimientos de una forma más precisa:

“Noté que con P10 hubo unas mejoras en los movimientos y en la postura, con el videojuego si detiene los movimientos de acuerdo a los botones, ya no los hace circulares [como en línea base], y ya lo viste tú, que es súper cuidadoso para seguir las mosquitas, se detiene para seguir el patrón y comerse todas las mosquitas” –**Psicoterapeuta de P10 (Pre-laboral 1), entrevista en condición de FroggyBobby4.0 laterales.**

Los movimientos dirigidos exactos de P10 aumentaron a partir de la sesión 1 (S1) de la condición de FroggyBobby4.0 laterales (Figura 65b). Sin embargo, a partir de la sesión 3 (S3) de la condición de FroggyBobby4.0 laterales, los movimientos dirigidos exactos disminuyeron hasta aproximarse a un 60% en la última sesión (S6). Sin embargo, en todas las sesiones de terapia en condición de FroggyBobby4.0 laterales, los movimientos dirigidos exactos fueron mayores a los porcentajes de las sesiones en condición de tradicional laterales.

Fase II: Ejercicios cruzados

Al igual que en la fase de ejercicios laterales, P10 realizó todos los ejercicios de integración visual-motriz cruzados en ambas condiciones, de manera independiente

(Figura 66a), es decir, sin ayuda física de la psicoterapeuta en ninguna sesión, de ambas condiciones (Figura 66b).

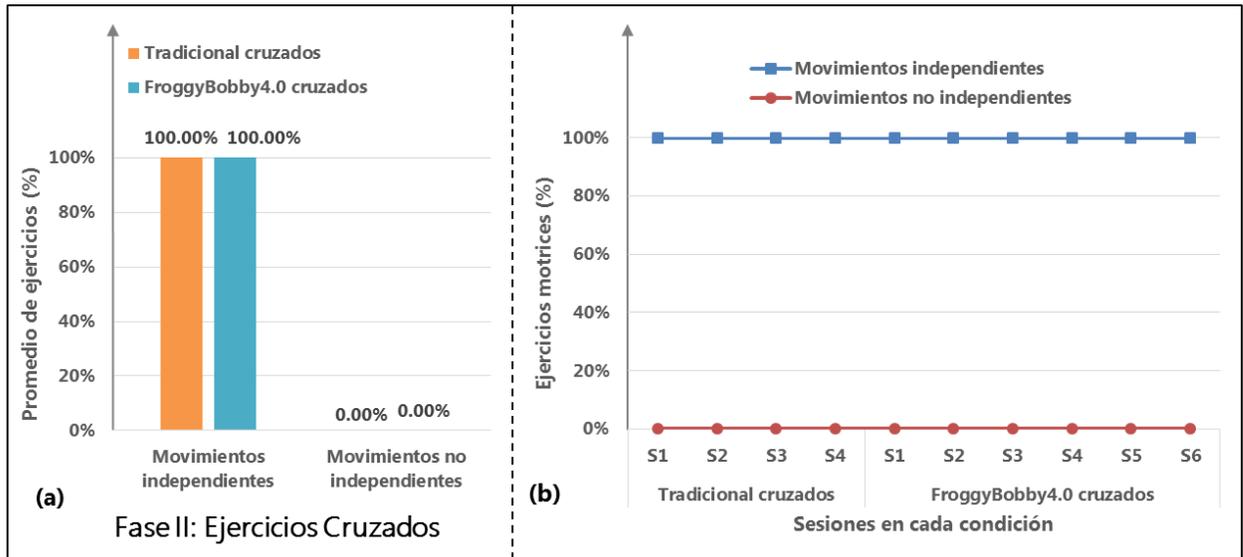


Figura 66. Porcentajes del rendimiento motor del participante P10 durante la fase II. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz que realizó independientes vs no independientes en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz independientes vs no independientes en cada sesión de cada condición.

El participante P10 realizó en promedio, porcentajes similares de movimientos dirigidos en la condición de tradicional cruzados (100%), en comparación de los movimientos dirigidos en la condición de FroggyBobby4.0 cruzados (99.86%) (Figura 67a). No se encontró diferencia significativa entre ambas condiciones en los movimientos dirigidos de los ejercicios cruzados.

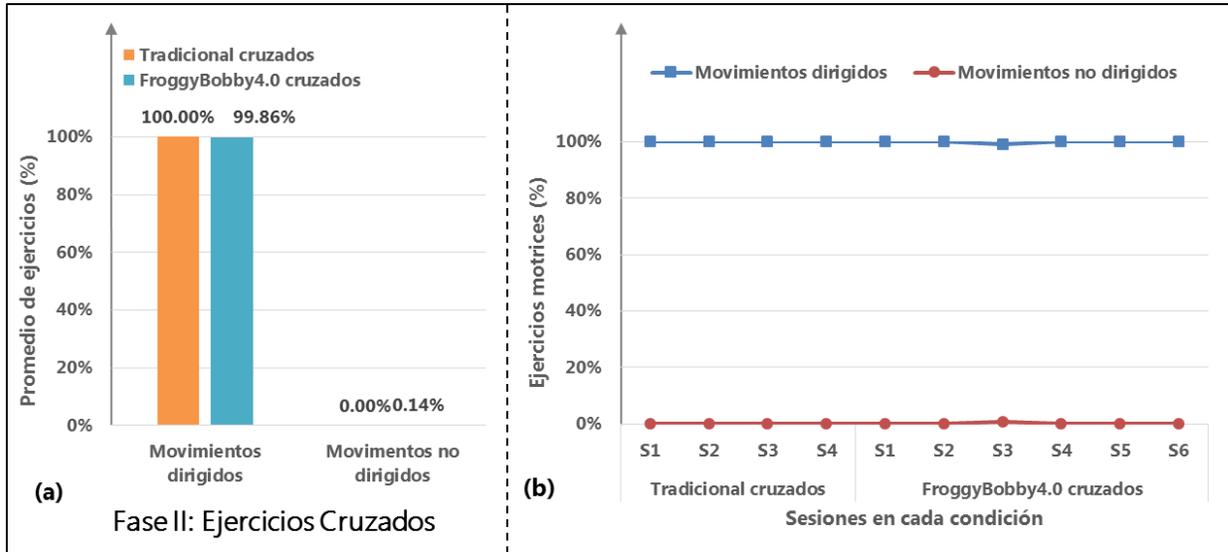


Figura 67. Porcentajes del rendimiento motor del participante P10 durante la fase II. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz dirigidos vs no-dirigidos en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz dirigidos vs no-dirigidos en cada sesión de cada condición.

En la Figura 67b, se muestra que la sesión 3 (S3) de la condición de FroggyBobby4.0 cruzados, fue la única sesión donde el participante P10 no alcanzó el 100% de los movimientos dirigidos.

Del porcentaje de los movimientos dirigidos que P10 llevó a cabo en promedio en cada condición (100% tradicional cruzados y 99.86% FroggyBobby4.0 cruzados), el 63.88% fueron movimientos dirigidos exactos para el caso de la condición de tradicional cruzados, y el 64.84% para el caso de FroggyBobby4.0 cruzados (Figura 68a). No se encontró diferencia significativa entre los movimientos dirigidos exactos entre ambas condiciones ($p = 0.4671$).

La psicoterapeuta observó que en la fase II, P10 ya estaba adaptado a la actividad en ambas condiciones. Sin embargo, la psicoterapeuta comentó que a pesar de que la ejecución de los ejercicios en la condición de tradicional cruzados de P10, fue adecuada, no lo encontró motivado comparado con la condición de FroggyBobby4.0 cruzados. Además de que hubo ocasiones en que P10 se agachaba para realizar los ejercicios cruzados en la condición de tradicional cruzados, resultando en una postura incorrecta al realizar los ejercicios.

“A P10 yo lo veo muy tranquilo, ya está muy adecuado a la actividad, a pesar de que le tuve que

corregir la postura, porque se agachaba cuando cruzaba el brazo, si realizó todas las series de ejercicios sin problema, lo que si es que [la línea base] no es tan motivante como el juego” – Psicoterapeuta de P10 (Pre-laboral 1), entrevista en condición de tradicional cruzados.

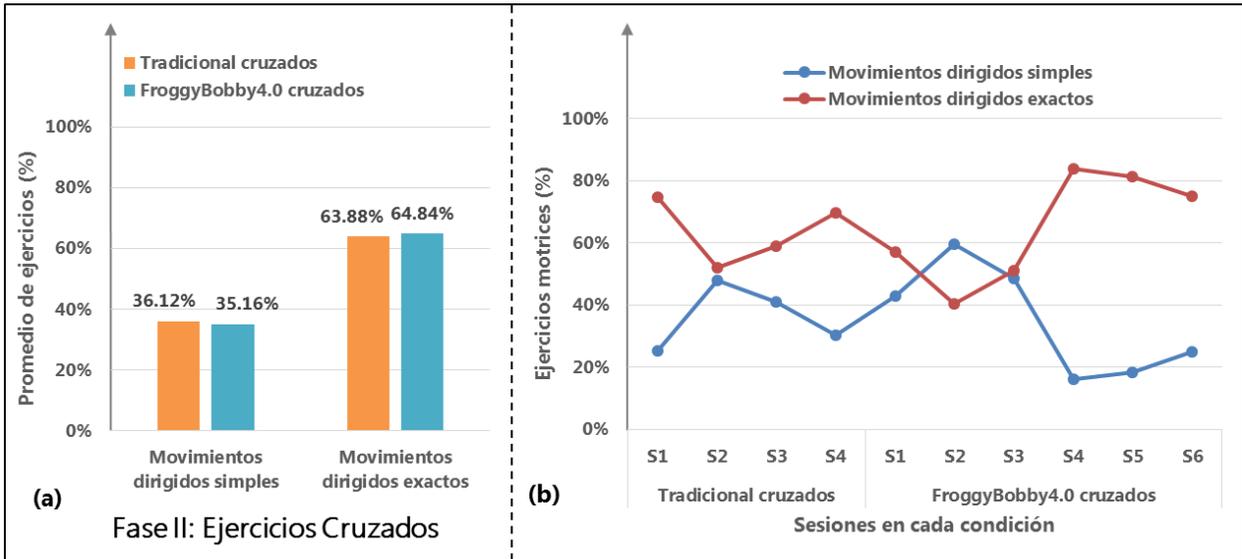


Figura 68. Porcentaje de los movimientos dirigidos del participante P10 durante la fase II. (a) Porcentaje promedio de ejercicios de integración visual-motriz exactos vs simples en cada tipo de condición; (b) Porcentaje de ejercicios de integración visual-motriz exactos vs simples en cada sesión de cada condición.

Respecto a la condición de FroggyBobby4.0 cruzados, la psicoterapeuta observó que P10 realizó los ejercicios sin problema, siguiendo los patrones de movimiento solicitados. Además, hubo menos correcciones en la postura en comparación con la condición de tradicional cruzados. Durante las últimas dos sesiones de terapia en condición de FroggyBobby4.0 cruzados, la psicoterapeuta permitió que P10 dirigiera la sesión, dándole la autoridad para seleccionar por sí solo los niveles a jugar:

“a P10 le fue mejor, ya no tuve que corregir tanto la postura, y no tuvo problema para seguir los patrones. Además, ahora lo dejé solo [sesión 5], no le dije nada, me quedé observándolo y lo dejé como si él estuviera jugando solo con el juego. P10 tomó el ratón y supo qué nivel seguía, y hasta me dijo –ya son 9, ya terminé- y yo –ah ok P10- o sea supo que tenía que jugar 3 veces cada nivel, y al final le di la recompensa verbal. O sea P10 no me necesitó, porque ya está haciendo mejor los movimientos, si se flexionaba de repente, no voy a decir que no, pero lo que yo estaba buscando es que él ya lo usara por sí solo” –Psicoterapeuta de P10 (Pre-laboral 1), entrevista en condición de FroggyBobby4.0 cruzados.

A excepción de la sesión 1, los movimientos dirigidos exactos de P10, aumentaron a partir de la sesión 3 de la condición de tradicional cruzados, pero disminuyeron en las primeras dos sesiones (S1 y S2) de la terapia en condición de FroggyBobby4.0 cruzados

(Figura 68b). A partir de la sesión 3 (S3) de la condición de FroggyBobby4.0 cruzados, los movimientos exactos aumentan. Estos resultados indican que durante las primeras dos sesiones de la condición de FroggyBobby4.0 cruzados, el participante P10 realizó más movimientos dirigidos simples, debido a que tuvo dificultades para afinar la precisión de los ejercicios cruzados, los cuáles fue dominando y mejorando su precisión, a partir de la sesión 3 (S3).

“Desde la primera sesión observé que P10 si siguió la instrucción correctamente, sabía bien hacia dónde dirigir el movimiento, al principio si lo tuvo que afinar [el movimiento] pues eran nuevos niveles, pero después de eso ya no tuvo ningún problema” –Psicoterapeuta de P10 (Pre-laboral 1), entrevista en condición de FroggyBobby4.0 cruzados.

En resumen, P10 realizó un mayor porcentaje de movimientos dirigidos con la condición de FroggyBobby4.0 laterales, en comparación con la terapia tradicional, donde la mayoría de ese porcentaje fueron movimientos dirigidos exactos ($p < 0.05$). Estos resultados indican que FroggyBobby4.0 impacta positivamente en el rendimiento motor de los ejercicios laterales de un niño con autismo de media funcionalidad, en comparación de la terapia tradicional. Sin embargo, para el caso de los ejercicios cruzados, los resultados indican que el porcentaje de los movimientos dirigidos exactos y simples se mantuvieron en ambas condiciones (~1% más en el caso de la condición de FroggyBobby4.0 cruzados). Este resultado puede reforzar los resultados de las pruebas de desarrollo, donde se observó que los niños mantuvieron sus habilidades de coordinación y de integración visual-motriz (adquiridas en la fase I) durante la fase de ejercicios cruzados. Esto puede indicar que durante la fase II, se dio la etapa del mantenimiento de las habilidades de integración visual-motriz que P10 adquirió en la fase I, en particular en los movimientos dirigidos exactos. Es decir, aquellos movimientos precisos que P10 realizó para alcanzar el objetivo visual requerido. Además, los porcentajes de movimientos dirigidos exactos de ejercicios cruzados de P10 aumentaron casi al 85% a partir de la sesión 4 de condición de FroggyBobby4.0 cruzados (Figura 68b). Lo que puede dar indicio que el uso sostenido de FroggyBobby4.0 puede impactar en los movimientos dirigidos exactos de los ejercicios cruzados. Sin embargo, más sesiones de uso son necesarias para corroborar este resultado.