

Tesis defendida por
Carlos Rodrigo Zalapa Cardiel
y aprobada por el siguiente Comité

Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa
Director del Comité

M.C. Lidia Elena Gómez Velasco
Miembro del Comité

Dr. Jesús Favela Vara
Miembro del Comité

Dr. Gustavo Olague Caballero
Miembro del Comité

Dr. José Antonio García Macías
Coordinador
del Posgrado en ciencias de la
computación

Dr. Jesús Favela Vara
Director de la Dirección de Estudios
de Posgrado

Febrero 2014

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA**



Programa de Posgrado en Ciencias
en Ciencias de la Computación

Cómputo tangible en apoyo en las terapias sensoriales para niños con autismo

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Presenta:

Carlos Rodrigo Zalapa Cardiel

Ensenada, Baja California, México

2014

Resumen de la tesis de Carlos Rodrigo Zalapa Cardiel, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación.

Cómputo tangible en apoyo a las terapias sensoriales para niños con autismo

Resumen aprobado por:

Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa

Los niños con autismo tienen desordenes sensoriales que limitan su habilidad para tener consciencia de su cuerpo y sus movimientos. Como consecuencia los niños con autismo experimentan movimientos “atípicos” que los usan como “movimientos compensatorios”. En esta tesis se explora como el cómputo tangible puede ofrecer a los niños con autismo la consciencia corporal que necesitan durante sus terapias sensoriales.

Las superficies interactivas ofrecen un nuevo enfoque a las terapias sensoriales y de consciencia corporal. Para este trabajo de tesis se diseñó y desarrolló SensoryPaint, una superficie interactiva que proporciona a los niños con autismo retroalimentación visual y auditiva de sus movimientos corporales. Para diseñar SensoryPaint se utilizaron múltiples métodos de diseño incluyendo entrevistas, observación y sesiones de diseño participativo con usuarios potenciales. Con SensoryPaint los niños con autismo pueden “pintar” con pelotas de diferentes colores, tamaños y texturas sobre un lienzo virtual. SensoryPaint utiliza el control Kinect y técnicas de visión por computadora para reconocer las interacciones del usuario con la superficie y las pelotas.

Para evaluar el impacto de uso de SensoryPaint en las terapias sensoriales de niños con autismo, se integró el sistema a las terapias sensoriales típicas de 4 niños con autismo. Los resultados mostraron que un modelo de interacción que tome en cuenta los movimientos corporales y las superficies interactivas aumenta la atención del niño en sus movimientos corporales, permite que el niño se enfoque en su cuerpo, mejora las habilidades sensoriales y promueve la socialización, en comparación con las terapias tradicionales de consciencia corporal. Los resultados también dejan algunas implicaciones de diseño para el desarrollo de interfaces naturales de usuario orientadas a los niños con autismo.

Palabras clave: **Superficies interactivas, Interfaces naturales de usuario, niños con autismo**

Abstract of the thesis presented by Carlos Rodrigo Zalapa Cardiel as a partial requirement to obtain the Master degree in Computer Science

Tangible computing to support sensory therapies to children with autism

Abstract approved by:

Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa

Children with autism have sensory processing disorders impairing their ability of having awareness of their body and movements so they frequently exhibit “atypical” body-interactions they use as “compensatory movements”. In this paper, we explore how tangible computing could offer to children with autism the body awareness they need during sensory therapies.

Interactive surfaces offer an innovative approach to sensory integration and body awareness therapies. We designed and developed SensoryPaint, an interactive surface with the capability of superimposing the user’s reflection on a projected surface and “painting” this surface with balls of different textures and colors. To design SensoryPaint we used multiple design methods including semi structured interviews, observation and participatory design sessions with potential users. Sensory Paint displays the shadow of the user to provide “biofeedback,” monitors users’ “atypical movements” to adjust the instrumental music playing in the background, and tracks users’ interactions with balls to change colors. Sensory Paint uses the kinect control, and computer vision techniques for recognizing user interactions

We evaluated the impact of SensoryPaint through a deployment study with 4 children with autism for which the system was integrated into existing daily sensory therapy sessions. Our results demonstrate that using whole body interactions with an interactive surface can capture the attention of children for whom traditional body awareness therapies may not be engaging, increase body awareness, improve sensory skills, and promote socialization. These results also offer implications for the design of other natural user interfaces for children with autism.

Keywords: **Interactive Surfaces, Natural user interfaces, children with autism**

Dedicatorias

A:
Elsa Delia Zalapa Cardiel.
Te quiero y admiro mucho mamá.

Agradecimientos

A mi madre, a mis tíos y primos, por su apoyo sin condiciones.

A mi asesora de tesis Dra. Monica Elizabeth Tentori Espinosa, por la paciencia, los consejos, y en general, la guía que me brindó en este trabajo de tesis.

A los miembros de mi comité: Dr. Gustavo Olague Caballero, Dr. Jesús favela Vara, M.C. Lidia Elena Gómez Velazco; por sus comentarios y observaciones que me hicieron a lo largo de un año y medio de trabajo de tesis.

A todos mis amigos de la generación 2011, por el tiempo que compartimos y por convertir el trabajo en fiesta.

A Franceli y a Raúl, por apoyarme en la evaluación del sistema y análisis de los datos.

Al personal del Centro de Rehabilitación Integral (CRI), de Ensenada B.C., por permitirme realizar mi investigación en sus instalaciones.

En particular quiero agradecer a los psicólogos: Manuel Antonio Hernández Saijas, Jaqueline Rojas y Yazmin Martínez, por el apoyo que me brindaron durante el estudio en sitio y por toda la información que me proporcionaron.

A los padres de familia, por brindarme la confianza de probar éste sistema con sus niños.

Por supuesto agradezco a los niños que formaron parte de este estudio, por compartir su realidad con nosotros.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, por brindarme la infraestructura necesaria para mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico para llevar a cabo este trabajos de investigación.

Contenido

Dedicatorias	iv
Agradecimientos	v
Lista de figuras.....	ix
Lista de tablas	xii
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Motivación	1
1.2 Integración sensorial y conciencia corporal.....	2
1.2.1 Terapias para integración sensorial y conciencia corporal	3
1.3 Cómputo tangible	5
1.3.1 Clasificación del cómputo tangible.....	6
1.3.2 Interfaces tangibles de usuario.....	6
1.3.3 Interfaces naturales de usuario.....	8
1.4 Planteamiento del problema.....	9
1.5 Preguntas de investigación.....	10
1.6 Objetivo general y específico.....	10
1.6.1 Objetivo general.....	10
1.6.2 Objetivos específicos	10
1.7 Importancia y contribución al conocimiento.....	11
1.8 Metodología	11
1.9 Organización de la tesis	13
Capítulo 2. Estado del arte.....	15
2.1 Introducción	15
2.2 Estimulación vibro-táctil.....	15
2.3 Sistemas musicales y audibles	18
2.4 Sistemas visuales.....	19
2.5 Resumen y conclusiones	23
Capítulo 3. Estudio contextual. Entendiendo las terapias sensoriales y de conciencia corporal	25
3.1 Introducción	25
3.2 Metodología	25
3.2.1 Reclutamiento y consentimiento.....	26
3.2.2 Recolección de datos	26
3.2.3 Análisis de datos	27
3.3 Resultados	28
3.3.1 Proceso de ejecución de las terapias sensoriales	28
3.3.2 Problemas y estrategias.....	34
3.4 Resumen y conclusiones	42
Capítulo 4. Diseño e implementación de SensoryPaint.....	44
4.1 Introducción	44
4.2 Métodos de diseño.....	44

4.2.1	Ideas de diseño.....	44
4.3	Diseño del sistema SensoryPaint	46
4.3.1	Escenario de Uso	47
4.4	Implementación de SensoryPaint.....	47
4.4.1	Primera versión de SensoryPaint	47
4.4.2	Componentes físicos de SensoryPaint	48
4.4.3	Arquitectura del sistema	49
4.5	Resumen y conclusiones	55
Capítulo 5.	Evaluación.....	56
5.1	Introducción	56
5.2	Estudio en laboratorio	56
5.2.1	Participantes.....	56
5.2.2	Configuración del sistema	57
5.2.3	Actividades de los participantes	57
5.3	Colección de datos	59
5.3.1	Análisis de datos	61
5.4	Resultados	61
5.4.1	Desempeño del algoritmo	61
5.4.2	Usabilidad y percepción de utilidad.....	63
5.5	Estudio en sitio.....	63
5.5.1	Metodología del estudio en sitio.....	64
5.5.2	Línea base	65
5.5.3	Intervención	66
5.5.4	Colección de datos	67
5.5.5	Análisis de los datos	68
5.6	Resultados	71
5.6.1	Tiempo de atención y enfoque en la terapia	71
5.6.2	Conciencia corporal y funcionalidad motora.....	72
5.6.3	Habilidades sensoriales.....	76
5.6.4	Socialización.....	77
5.7	Resumen y conclusiones	79
Capítulo 6.....		81
6.1	Conclusiones	81
6.2	Limitaciones	84
6.3	Aportaciones	85
6.4	Trabajo futuro.....	85
Referencias bibliográficas.....		87
Apéndice 1		93
Apéndice 2		97
Apéndice 3		100
Apéndice 4.....		102
Apéndice 5		104
Apéndice 6		108
Apéndice 7		112

Apéndice 8 114

Lista de figuras

Figura 1. Cámara sensorial “Snoezelen” (tomada de http://www.isna.de/en/the-room/the-room-def.html).....	4
Figura 2. (a) El Buzón de Marble es un ejemplo de una TUI de “token” y “estructura”, desarrollado por Durrel Bishop en los años 90 (tomada de https://sites.google.com/a/nu.edu.pk/hci-09/hci-1). (b) Un ejemplo de superficie interactiva es “I/O Brush”, el cual es un sistema que les permite a los niños utilizar diferentes texturas de su entorno para “dibujar” sobre una pantalla (tomada de http://web.media.mit.edu/~kimiko/iobrush/).	7
Figura 3. “Bodyavatar” permite al usuario diseñar un Avatar 3D a partir de gestos corporales (Zhang et al., 2013).	9
Figura 4. Se pretende explorar la unión entre las superficies tangibles y las interfaces naturales de usuario	9
Figura 5. Metodología de la guitarra	12
Figura 6. “Systemblock”, es una TUI de ensamble que le permite al niño entender conceptos matemáticos como el de proporción (Zuckerman, Arida, & Resnick, 2005)	16
Figura 7. (a) El Sistema T3, da soporte a maestras en terapias de discriminación de objetos. (b) “TOPOBO” es un juguete de ensamble que apoya a los niños a aumentar sus habilidades de colaboración y asociación	17
Figura 8. “Musicblock” es un juguete en el que el niño puede generar diferentes secuencias musicales cuando modifica la posición de los cubos en la estructura.	18
Figura 9. “Reactable” es una superficie interactiva que apoya a los niños con autismo al aumentar las habilidades sociales de los niños con autismo.....	19
Figura 10. “Kite fly” es uno de los juegos para Rope revolution, el cual consiste en jalar de una cuerda para controlar la “altura de vuelo” de un papalote virtual. La cuerda se tensa de acuerdo a la altura que toma el papalote.....	20
Figura 11. “Bodypaint”, es una instalación interactiva que responde a los movimientos del cuerpo del usuario para crear efectos visuales.....	21
Figura 12. Sistemas visuales interactivos que apoyan a superar problemas relacionados con la conciencia corporal: (a) “MEDIATE” es un sistema que incorpora una NUI, para apoyar a los niños a adquirir sentido de la acción. (b) “Pictogram room” es un sistema diseñado	

para apoyar a los niños con autismo en cuestiones relacionadas con la conciencia corporal.	22
Figura 13. Esquema general del proceso de ejecución de las terapias sensoriales	29
Figura 14. Ecosistema sensorial: (a) Espacios para terapias sensoriales. (b) Objetos que son utilizados en las terapias sensoriales (e.g., pelotas de diferentes texturas, muñecos de peluche).....	33
Figura 15. Tipos de espejo utilizados en las terapias de conciencia corporal. (a) Espejo tradicional. (b) Espejo “Snoezelen”	36
Figura 16. Uso cotidiano del espejo durante la ejecución de las terapias sensoriales.	45
Figura 17. Idea de diseño para modo de interacción con pelota.....	46
Figura 18 (a) Primera versión de SensoryPaint. En esta versión solo se proyecta la sombra de niño. (b) Versión final de SensoryPaint. Se proyecta la imagen RGB del niño debajo de la sombra pintada del niño.	48
Figura 19. Arquitectura del sistema SensoryPaint. (A) SensoryPaint hace uso de dos controles “Kinect”, los cuales transmiten la información de video y profundidad por medio del puerto USB hacia una PC. (B) Una PC con sistema operativo Linux, ejecuta el algoritmo de detección de objetos con la información que proporcionan los controles Kinect. (C) La información de audio y video que se procesa en la PC tienen como dispositivos de salida un proyector y altavoces.	49
Figura 20. Algoritmo para la detección de color de la pelota. (a) Imagen RGB original;(b) cambio a modelo de color HSV; (c) se extrae el color por técnica de umbralización; (d) se elimina el ruido; (e) se almacena la posición de la pelota y se dibuja la trayectoria.	50
Figura 21. Sombra con color sobre la imagen RGB	52
Figura 22. Proceso para la detección de la pelota cuando hace contacto sobre la superficie	53
Figura 23. (C1) Imagen RGB de la escena. (C2) Sombra del usuario formada por cámara de profundidad. (C3) Trayectoria de pelota 1.....	54
Figura 24. (C4) Trayectoria de pelota 2. (C5) Capa designada a “renderizar” imágenes del libro de colorear y figuras geométricas. (C6-C8) Se utilizan tres capas para el efecto de “splash”, una para cada “mancha”.	54
Figura 25. Imagen final de SensoryPaint.....	54
Figura 26. Configuración del sistema SensoryPaint.....	57

Figura 27. Prueba de rendimiento del algoritmo	58
Figura 28. Prueba de rendimiento para el trazo de SensoryPaint	59
Figura 29. Observador contabilizando lanzamientos y participante jugando al tiro al blanco con pelota de tamaño grande	60
Figura 30. Estructura de madera utilizada en el estudio en sitio.	65
Figura 31. Participante del estudio durante una terapia de línea base.	66
Figura 32. (a) Participante dibujando con la pelota utilizando SensoryPaint durante la terapia de espejo. . (B) Modo de libro de colorear de SensoryPaint.....	67
Figura 33. Bitácora de codificación de video para un participante	70
Figura 34. Tiempo de atención en la terapia.....	72
Figura 35. Retroalimentación visual de los movimientos del cuerpo.....	73
Figura 36. Tiempo de atención a los movimientos corporales	74
Figura 37. Comparativa entre el tiempo de interacción con pelotas (Estimulo táctil), y el tiempo de atención al cuerpo	75
Figura 38. El uso de SensoryPaint facilita la socialización entre terapeuta y niño.	78
Figura 39. Aplicación desarrollada para el ajuste de umbrales de color para SensoryPaint. (a) Ventana que muestra imagen en el modelo HSV. (b) Ventana de control de valores <i>mincolor</i> y <i>maxcolor</i>	114

Lista de tablas

Tabla 1. Aplicaciones del cómputo tangible en terapias sensoriales y de conciencia corporal	24
Tabla 2. Características de los informantes.	26
Tabla 3. Matriz de confusión	59
Tabla 4. Matriz de confusión para el desempeño del algoritmo de SensoryPaint	62
Tabla 5. Muestra de estudio para evaluación del sistema.....	64
Tabla 6. Tiempo total de entrevistas por participante.....	68
Tabla 7. Tiempo total de observación por participante	68

Capítulo 1. Introducción

1.1 Motivación

En México uno de cada 300 niños tiene autismo¹. De acuerdo a la APA² y la clasificación del CIE-10³, el autismo es uno de los trastornos del desarrollo más graves que aparece en los tres primeros años de vida del infante (*e.g.*, Síndrome de Asperger, síndrome de Rett (OMS, 1992)). Según estas organizaciones, las características del autismo incluyen:

Dificultades de comunicación. El niño⁴ con autismo puede presentar un retraso o una ausencia total del desarrollo del lenguaje hablado. En otros casos se observa un uso repetitivo del lenguaje (*i.e.*, ecolalia).

Dificultades de interacción social. Es común que los niños con autismo no utilicen de manera adecuada el contacto visual, las expresiones faciales o la postura corporal (*e.g.*, un niño con autismo puede no hacer contacto visual cuando una persona se dirige a él). También presentan dificultades para relacionarse con otros niños ya que no son capaces de compartir intereses o emociones.

Ejecución de comportamientos repetitivos. Presentan manierismos motores estereotipados⁵ (*e.g.*, agitación de manos, balanceo corporal o de cabeza), rutinas o rituales específicos carentes de propósito aparente (*e.g.*, dar vueltas en círculos), fascinación por sonidos o texturas (*e.g.*, sonidos de ventilador, texturas de muñecos de peluche).

De acuerdo al nivel de severidad de éstas características se determina el nivel de funcionalidad de los niños con autismo que pueden ser tres: baja, media y alta

¹ Clínica Mexicana de Autismo (CLIMA) <http://www.clima.org.mx/>.

² American Psychological Association (APA) <http://www.apa.org/topics/autism/index.aspx>.

³ Clasificación Internacional de Enfermedades en su décima edición (CIE-10). Esta clasificación es publicada por la Organización Mundial de la Salud.

⁴ Estas características se pueden generalizar para todos los individuos con autismo, incluyendo jóvenes y adultos. Sin embargo, las características varían en un joven o adulto con autismo que dado sus terapias haya sido capaz de rehabilitar o compensar alguno de estos problemas. Debido a esta variación y en dado el alcance de estas tesis, de aquí en adelante acotaremos nuestra población exclusivamente a niños con autismo.

⁵ Derivada de la palabra *estereotipa*, cuya raíz griega es la misma que para la palabra *molde* y se refiere a los movimientos del cuerpo que se repiten sin variación (*i.e.*, como un “molde”).

(Sitdhisanguan, Chotikakamthorn, Dechaboon, & Out, 2012). Por ejemplo, un individuo con autismo de baja funcionalidad presenta problemas severos de comunicación (*e.g.*, ausencia del lenguaje) y de socialización (*e.g.*, no hacen contacto visual). Por otro lado, un individuo con autismo de alta funcionalidad es capaz de mantener de una conversación con otra persona, sin embargo es común que presenten movimientos estereotipados.

1.2 Integración sensorial y conciencia corporal

Los resultados de algunos estudios demuestran que los niños con autismo presentan más problemas sensoriales que los niños de desarrollo típico (Leekam, Nieto, Libby, Wing, & Gould, 2007; Tomchek & Dunn, 2007). Principalmente aversiones al tacto (Leekam et al., 2007; Ornitz, 1974), aspectos visuales (Leekam et al., 2007) y auditivos (Tomchek & Dunn, 2007). En este sentido, la literatura indica que los problemas sensoriales que presenta una persona con autismo pueden ocasionar problemas de aprendizaje, conducta, y capacidades sociales (I. Beaudry Bellefeuille, 2006).

Según la neurobióloga A. J. Ayres, estos problemas sensoriales se deben a una falta de “integración sensorial”, proceso por el cual un individuo procesa y organiza éstos estímulos sensoriales. Ayres define a la integración sensorial como:

“El proceso neurológico que organiza la sensación del propio cuerpo y del entorno, y posibilita el uso eficaz del cuerpo en su entorno. Los aspectos espaciales y temporales de señales recibidas de diferentes modalidades sensoriales se interpretan asocian y unifican. La integración sensorial es el procesamiento de información [...]. El cerebro debe seleccionar, potenciar, inhibir, comparar y asociar toda la información sensorial en un patrón flexible de cambio constante. En otras palabras, el cerebro debe de integrar” A.J. Ayres. (E. Goldson, 2001, pág. 32).

La clasificación de los desordenes sensoriales⁶ para diagnosticar enfermedades como el autismo se dividen en (Leekam et al., 2007):

- Auditivos: estrés o fascinación inusual por ciertos sonidos que para personas neurotípicas podrían pasar desapercibidos (*e.g.*, un grillo cantando en el pasto);

⁶ Entrevista de Diagnostico para los Desordenes de Integración Social y comunicación: DISCO (por sus siglas en ingles, Diagnostic Interview for Social and Communication Disorders)
<http://disco.nemisys1.uk.com/default.asp>

- Visuales: fascinación inusual por objetos brillantes o luminosos (*e.g.*, luces de colores, lámparas), u objetos que giran (*e.g.*, las llantas de los carros de juguete); y
- Proximales: reacción negativa al contacto físico, disgusto del niño por el corte de pelo o el lavado de dientes (*i.e.*, hiper o hipo sensibilidad al tacto); tendencias a poner cualquier cosa en la boca, o explorar a personas por medio del olfato (*i.e.*, desordenes de tipo oral), movimientos estereotipados y ritualistas (*i.e.*, problemas cinestésicos), e indiferencia al dolor, calor y frío (*i.e.*, hiper o hiposensibilidad al dolor).

La literatura indica (Ornitz, 1974) que los movimientos estereotipados y ritualistas (*i.e.*, problemas cinestésicos) actúan como una actividad compensatoria que les ayuda a los niños con autismo a integrar y dar sentido a los estímulos del medio. Sin embargo, en algunos casos los niños con autismo se pueden rasguñar o jalar su propio cabello sin que ellos estén conscientes de este acto. También presentan dificultades para identificar las partes de su cuerpo, es decir, presentan una ausencia de conciencia corporal (*e.g.*, no saben en donde está su nariz o su cabeza).

Una prueba que los psicólogos realizan a los niños para diagnosticar problemas asociados a la conciencia corporal es la “prueba del espejo” o “de la marca” (Amsterdam, 1972). La prueba del espejo consiste en pintar la nariz de un niño con un poco de maquillaje, posteriormente se le coloca enfrente de un espejo. Si el niño se dirige a tocar su propia nariz en vez de tocar la del reflejo del espejo, se considera que se ha reconocido a sí mismo.

Desde otra perspectiva, el psiquiatra y psicoanalista *Jaques Lacan* abordó la prueba del espejo mediante el concepto de “estadio del espejo”, que es una etapa del desarrollo psicológico en la cual el niño se encuentra por primera vez capacitado para percibir su “imagen” en un espejo. Este primer encuentro se caracteriza por una euforia por parte del niño cuando se ve a sí mismo (Jean-Michel, 2003, pág. 25-34). En particular, la literatura indica que los niños con autismo o con cierta discapacidad intelectual, son los individuos que presentan más frecuentemente problemas de conciencia corporal (Ferrari & Matthews, 1983) y son incapaces de reconocerse en un espejo.

1.2.1 Terapias para integración sensorial y conciencia corporal

Las terapias de integración sensorial tienen como objetivo mejorar la integración de los estímulos sensoriales que un individuo percibe, y facilitan al individuo a adaptarse a un entorno en particular. Las terapias de integración sensorial le permiten al niño con autismo

integrarse a las actividades de la vida cotidiana (*e.g.*, en cuestiones escolares y lúdicas (Schaaf & Miller, 2005)).

Las terapias de integración sensorial involucran el uso de objetos físicos que proporcionan las “propiedades”⁷ necesarias para estimular los canales sensoriales del niño y atraer su atención invitándolo a interactuar con el objeto (*e.g.*, pelotas con texturas, alberca de pelotas, columpios, lámparas de burbujas, espejos). Todos estos elementos forman un Ambiente Multi Sensorial (AMS) o cámara sensorial “Snoezelen”⁸. Un AMS está equipado con objetos de diferentes tamaños, texturas, colores y olores que proporcionan estímulos sensoriales de diferente índole (*e.g.*, fibras ópticas, proyectores multimedia, espejos, (ver Figura 1)).

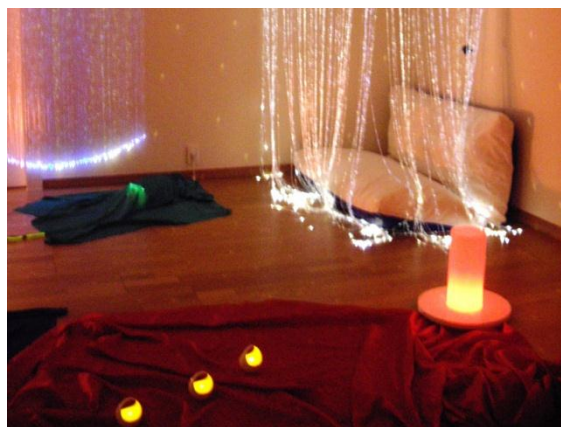


Figura 1. Cámara sensorial “Snoezelen” (tomada de <http://www.isna.de/en/the-room/the-room-def.html>).

Por ejemplo una terapia sensorial para estimulación visual, involucra que un niño con autismo utilice la fibra óptica de colores por un periodo determinado (*e.g.*, 10 minutos). En contraste, una terapia sensorial para estimulación táctil involucra el uso de un objeto tangibles (*e.g.*, utilizar una pelota por 5 minutos). A ésta dosificación de los estímulos se le conoce como “dieta sensorial” o “dieta de estímulos”. Un psicólogo y terapeutas deciden cuál estímulo y cuánto tiempo de contacto es adecuado de acuerdo al perfil psicológico de cada niño.

⁷ En este documento se utiliza la palabra “propiedades” para referirse a la palabra en inglés “affordance”, que es un término utilizado para referirse a “lo que te permite hacer el objeto físico”.

⁸ Es un ambiente multisensorial (MSE), desarrollado en los Países Bajos en los años 70s para estimular los sentidos de niños con autismo o trastornos del desarrollo neurológico, por medio de luces, sonidos y música; <http://www.autism-help.org/intervention-multisensory-snoezelen.htm>.

Las terapias de integración sensorial se aplican en conjunto con las terapias de conciencia corporal. Las terapias de conciencia corporal se basan en la auto-observación de los movimientos del cuerpo por medio de los espejos disponibles en un AMS y actividades que incluyen el movimiento del cuerpo. Por ejemplo, se le pide a un niño que juegue con una pelota, botándola, pateándola, o rodándolo, frente al espejo. Por medio de estas actividades el niño con autismo paulatinamente adquiere conciencia de su cuerpo y fortalece otras habilidades como la socialización, y la motricidad fina y gruesa (Case-Smith & Miller, 1999).

Sin embargo, los niños con autismo pierden la atención en su reflejo al interactuar con los objetos del AMS, los cuales proveen el estímulo que el psicólogo indicó en su dieta sensorial. Es por ello que los niños con autismo requieren una constante supervisión por los terapeutas durante las terapias sensoriales y de conciencia corporal. Los terapeutas tienen que utilizar su ingenio y creatividad para mantener al niño enfocado en su reflejo cuando utilizan los objetos físicos del AMS. Es por ello que el uso de objetos físicos es muy importante, ya que provee la interactividad necesaria que el niño con autismo requiere para atender a la terapia. Sin embargo, los objetos físicos raramente proporcionan los estímulos visuales y audibles que los niños requieren. Por esta razón el cómputo tangible es una oportunidad para apoyar en las terapias de conciencia corporal e integración sensorial ya que permite la integración de objetos físicos y digitales. De esta forma es posible aprovechar las propiedades de los objetos del AMS, e integrar medios digitales que brinden la interactividad necesaria para mantener la atención del niño. Además el cómputo tangible puede proporcionar la retroalimentación necesaria de los movimientos del cuerpo del niño.

1.3 Cómputo tangible

El cómputo tangible (Dourish, 2004), es un concepto que utilizó Paul Dourish para englobar las ideas del cómputo embebido en el ambiente (*i.e.*, cómputo ubicuo (Weiser, 1999)), dispositivos conscientes del contexto (*e.g.*, teléfonos inteligentes (Nieuwdorp, 2007)), y la integración de medios físicos y digitales (*i.e.*, interfaces tangibles (Ishii & Ullmer, 1997)).

El cómputo tangible cubre tres aspectos, que son: (1) la saturación del ambiente con dispositivos heterogéneos, (2) intervenir computacionalmente el ambiente cotidiano para

permitir que los sistemas de cómputo reaccionen al usuario, y (3) permitir la interacción con objetos físicos del ambiente. Por ejemplo, el Nintendo Wii⁹ implementa el concepto de cómputo tangible ya que incorpora dispositivos tangibles (*e.g.*, Wii remote, nun chuck) que permiten controlar la información digital del juego de video por medio de los movimientos del usuario.

1.3.1 Clasificación del cómputo tangible

El cómputo tangible se puede dividir en Interfaces Tangibles de Usuario (TUI, por sus siglas en inglés, “Tangible User Interfaces”) y en Interfaces Naturales de Usuario (NUI, por sus siglas en inglés, “Natural User Interfaces”). La diferencia entre estos dos tipos de interfaces es que las TUI soportan las interacciones basadas en objetos; sin embargo, no soportan las interacciones basadas en movimientos naturales del cuerpo, como es el caso de las NUI.

1.3.2 Interfaces tangibles de usuario

Las interfaces tangibles tienen sus orígenes en los conceptos de “interfaces maniobrables” (Fitzmaurice et al., 1995), y “bits tangibles” (Ishii & Ullmer, 1997). La idea de las TUI es integrar objetos físicos con medios digitales, tanto para la manipulación de interfaces digitales, utilizando un objeto físico, como para trasladar el mundo físico a información digital. El cómputo tangible propone generar una experiencia multisensorial más completa al usuario:

“Las GUI¹⁰ no han alcanzado a cubrir la riqueza de los sentidos y habilidades que el humano ha desarrollado por medio de toda una vida de interacción con el mundo físico. Nuestro intento es cambiar los “bits dibujados” por los “bits tangibles” (Ishii & Ullmer, 1997), tomando ventaja de los múltiples sentidos y la forma multimodal de interacción que tienen los humanos con el mundo físico. Creemos que los objetos maniobrables y los “multimedios”¹¹ permiten que la información digital nos brinde una experiencia multisensorial mucho más rica” (Ishii & Ullmer, 1997, pág. 240-241)

⁹ <http://www.nintendo.com/wii>.

¹⁰ Interfaz Gráfica de Usuario, o GUI (por sus siglas en inglés Graphical User Interface).

¹¹ se refiere al uso de audio, video, luces, que funcionan como una interfaz entre los medios digitales y el usuario.

Dentro de las TUI podemos encontrar las TUIs de “construcción y ensamble” que persiguen las ideas de los kits de construcción por bloques (*e.g.*, LEGO¹²), tomando en cuenta la organización espacial y el orden en el que se colocan los objetos. Otro ejemplo es “Blockjam” el cual es un secuenciador de música para niños, el cual es controlado y configurado por 25 piezas. Dependiendo del orden y del tipo de pieza, se genera una secuencia musical específica.

Además existen otro tipo de TUI que combinan dos clases de objetos físicos: “estructura” y “token”. Los objetos “estructura” utilizan sus propiedades para limitar la posición y movimiento de los “tokens” (*e.g.*, ranuras, estantes). Un ejemplo clásico es el buzón de voz “Marble Answering Machine” (ver Figura 2a) que es un concepto desarrollado por Durrel Bishop en los años 90s. El buzón Marble utilizar canicas que representan llamadas telefónicas; cuando el buzón Marble se activa, la máquina suelta un canica que rueda por un canal hasta llegar a un recipiente. Cuando el usuario desea escuchar un mensaje, coloca una de las canicas en un pequeño orificio de la máquina (Shaer & Hornecker, 2010).

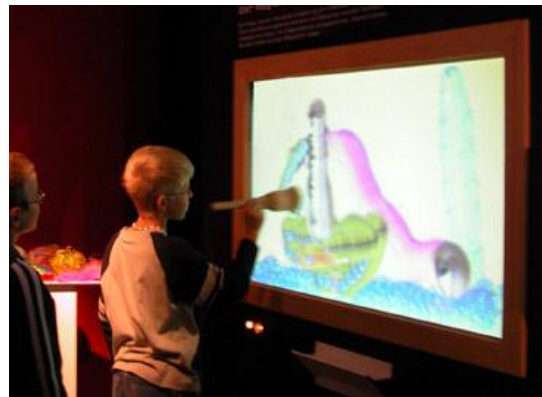
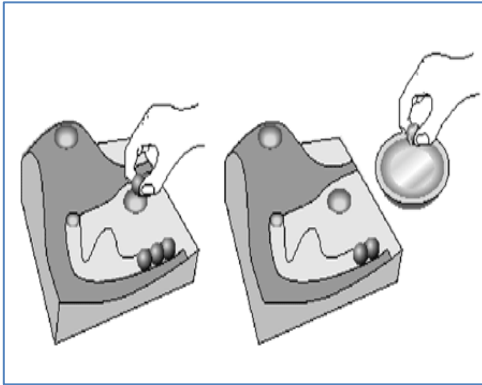


Figura 2. (a) El Buzón de Marble es un ejemplo de una TUI de “token” y “estructura”, desarrollado por Durrel Bishop en los años 90 (tomada de <https://sites.google.com/a/nu.edu.pk/hci-09/hci-1>). (b) Un ejemplo de superficie interactiva es “I/O Brush”, el cual es un sistema que les permite a los niños utilizar diferentes texturas de su entorno para “dibujar” sobre una pantalla (tomada de <http://web.media.mit.edu/~kimiko/iobrush/>).

Las superficies interactivas son otro tipo de TUI en la cual la interacción se controla por medio de objetos físicos. La forma en que se posicionan los objetos sobre la superficie, el movimiento de los objetos, o la posición relativa entre un objeto y otro son parámetros que el sistema puede interpretar para generar una respuesta. “I/O Brush” (Ryokai, Marti, & Ishii,

¹² <http://www.lego.com/en-us/>.

2004) es una superficie interactiva que permite a los niños dibujar con colores y texturas de su alrededor (ver Figura 2.b). El sistema consiste de una brocha que alberga una pequeña cámara de video, y una superficie de colorear (e.g., monitor, una tableta digital, una proyección). Cuando el niño coloca la brocha sobre alguna superficie, la cámara toma una imagen de la superficie. El niño posteriormente utiliza la brocha para pintar sobre la superficie de colorar utilizando el patrón de color y textura que el sistema extrajo de la imagen.

Son de especial interés para este trabajo las superficies interactivas, ya que centran la atención del usuario no sólo en el objeto si no también en la pantalla, lo que incrementa el nivel de interacción (e.g., la actividad de pintar). Además, permite una experiencia sensorial más rica ya que incluye elementos táctiles (e.g., pelotas, cubos) y visuales (e.g., efectos visuales sobre superficie de interacción).

Si bien las interfaces interactivas permiten interactuar con los objetos que se utilizan en las terapias sensoriales (e.g., pelotas, muñecos de peluche, fibras ópticas), no toman en cuenta los movimientos naturales del cuerpo que son la base de las terapias de conciencia corporal.

1.3.3 Interfaces naturales de usuario

Las interfaces naturales de usuario (i.e., NUI¹³), son aquellas que eliminan los dispositivos clásicos de entrada de una Interfaz Gráfica de Usuario tradicional, como el ratón y el teclado, para ser sustituidas por interacciones más “naturales” (e.g., movimientos del cuerpo, o mano). Las NUIs se definen como: “...*interfaces de usuario que reutilizan las habilidades naturales del usuario para interactuar de manera adecuada con el contexto*” (Blake, 2011).

Los juegos de video que se implementan para el “Xbox 360” por medio del control “Kinect”, son un ejemplo de una NUI, ya que usan los gestos naturales del usuario. Por ejemplo “Kinect pports” es una serie de video juegos en los cuales el usuario por medio de sus “gestos corporales” realiza actividades físicas y en ocasiones algún deporte en particular (e.g., patear un balón, correr, lanzar una pelota). Otro ejemplo es “Bodyavatar” (Zhang et al., 2013), que es un sistema interactivo que permite al usuario diseñar un Avatar 3D usando sus gestos corporales (ver Figura 3).

¹³ Por sus siglas en inglés Natural User Interface.



Figura 3. “Bodyavatar” permite al usuario diseñar un Avatar 3D a partir de gestos corporales (Zhang et al., 2013).

En contraste a las TUI, las NUI enfocan su modelo de interacción en movimientos pero no en objetos, por lo cual pueden ser una opción que apoye las terapias de conciencia corporal de niños con autismo.

1.4 Planteamiento del problema

En esta tesis se pretende explorar la unión de una NUI y una TUI para apoyar a las terapias sensoriales y de conciencia corporal (ver Figura 4). La literatura indica que se implementarán tanto las superficies interactivas que son adecuadas para apoyar las habilidades de niños típicos (*e.g.*, “Kinect sports”, “Blockjam” “I/O Brush”), y a su vez interfaces naturales de usuario que basados en juegos apoyan a las actividades basadas en movimiento del cuerpo. Sin embargo no está claro como debe ser un sistema que combine las características de una superficie interactiva y una NUI para apoyar a los niños con autismo ya que presentan problemáticas diferentes a un niño con un desarrollo neurotípico. Esto genera nuevas preguntas de investigación en relación a cuáles son los modelos de interacción que apoyen a los niños con autismo considerando terapias de integración sensorial las cuales a su vez proporcionen conciencia corporal del sujeto.

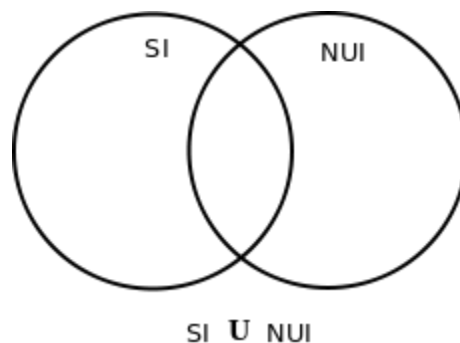


Figura 4. Se pretende explorar la unión entre las superficies tangibles y las interfaces naturales de usuario.

Las ideas de esta tesis es explorar si un modelo de interacción que integre las características de las superficies interactivas (*i.e.*, SI) y las interfaces naturales de usuario (*i.e.*, NUI) puede mejorar la conciencia corporal de los niños con autismo en comparación con las terapias tradicionales haciendo uso de los objetos disponible en un AMS.

1.5 Preguntas de investigación

En base a lo expuesto anteriormente, surgen las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cómo puede ser un modelo de interacción que mejora la conciencia corporal y que puede ser incorporado en las terapias de integración sensorial para niños con autismo?
2. ¿Cómo se pueden integrar la interacción basadas en objetos y en movimientos a un modelo de interacción que apoye a los niños con autismo en la adquisición de conciencia corporal?
3. ¿Cuál es el impacto en los aspectos sensoriales y de conciencia corporal de niños con autismo al utilizar superficies interactivas basadas en un modelo de interacción que integre objetos y movimientos?

1.6 Objetivo general y específico

1.6.1 Objetivo general

Tomando en cuenta las características y las posibilidades que ofrecen las interfaces tangibles y naturales de usuario, este proyecto se enfoca en el siguiente objetivo general:

Diseñar, implementar una superficie interactiva que haga uso de un modelo de interacción que integre objetos del AMS en función del movimiento, a fin de incrementar la conciencia corporal de niños con autismo. Esto se evaluará durante las terapias de integración sensorial y conciencia corporal.

1.6.2 Objetivos específicos

A partir de este objetivo general se planean lograr los siguientes objetivos específicos:

[OE1] Identificar los modelos de interacción que los niños con autismo y sus terapeutas utilizan durante las terapias sensoriales. Además cómo se pueden apoyar éstos en el uso de interfaces tangibles y naturales de usuario.

[OE2] Diseñar e implementar una superficie interactiva que incorpore un modelo de interacción que contemple la interacción con objetos y movimientos en apoyo a las terapias de integración sensorial, y conciencia corporal para niños con autismo.

[OE3] Evaluar si la superficie interactiva aumenta la conciencia corporal de los niños con autismo en contraste con las terapias tradicionales de integración sensorial y conciencia corporal.

1.7 Importancia y contribución al conocimiento

El desarrollo de una superficie interactiva que haga uso de los objetos utilizados en las terapias de integración sensorial y que soporte los movimientos naturales de los niños, puede aumentar la conciencia corporal tomando como base las terapias actuales (*e.g.*, terapia del espejo) para niños con autismo, en comparación con las estrategias tradicionales y apoyar indirectamente en otros aspectos como el social o de lenguaje.

La contribución de este trabajo es en el área de interacción humano-computadora, ya que se provee evidencia de que un modelo de interacción que integra movimientos y uso de objetos proporciona los mecanismos necesarios para que los niños con autismo mejoren su atención a los movimientos de su cuerpo. Este modelo de interacción une las características de una TUI (basado en objetos) y una NUI (basado en movimiento) y su implementación en superficies interactivas.

Las lecciones aprendidas del diseño de estas “superficies interactivas corporales” pueden ser útiles para otros investigadores interesados en diseñar y estudiar nuevos modelos de interacción del cómputo tangible.

1.8 Metodología

En esta tesis se sigue una metodología de diseño centrada en el usuario (*i.e.*, metodología de la guitarra (ver Figura 5)).

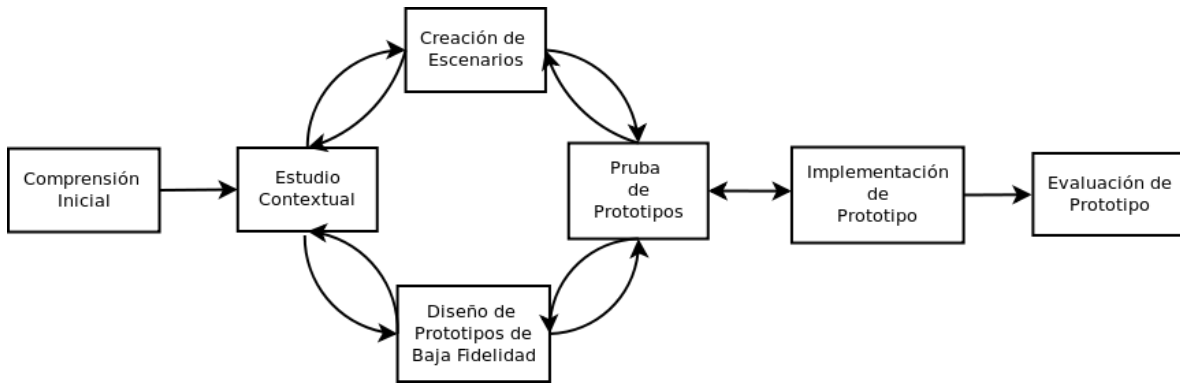


Figura 5. Metodología de la guitarra.

Las etapas de esta metodología son:

1. **Comprensión inicial.** En ésta primera etapa de la metodología se realiza una revisión de literatura para conocer el estado del arte del problema que se desea atacar. La búsqueda se realiza en las principales conferencias y bibliotecas relacionadas con el área de investigación del problema.
2. **Estudio contextual.** En esta fase, se realiza un estudio contextual para entender cómo es la interacción entre los elementos del AMS, el niño con autismo y los terapeutas durante las terapias de integración sensorial. Se utilizan técnicas de investigación cualitativa y diseño formativo que consisten en la realización de observaciones en sitio y entrevistas semiestructuradas, y sesiones de diseño participativo. Para el análisis de la información se utilizan técnicas cualitativas (*e.g.*, diagrama de afinidad). Los resultados que se esperan de esta fase incluyen: (1) un mejor entendimiento acerca de como de lleva a cabo las terapias sensoriales (2) una mejor comprensión del comportamiento que presentan los niños con autismo durante las terapias (3) un conjunto de escenarios realistas que muestren las actividades que la superficie interactiva debe soportar en apoyo a las terapias sensoriales para niños con autismo.
3. **Diseñar escenarios de uso de la tecnología.** En base a los resultados del estudio, se diseñan escenarios de uso de la tecnología, con los que se pueda evaluar su impacto tanto en los niños como en los terapeutas. Para llevar a cabo las evaluaciones se realizarán varias sesiones de diseño participativo, en donde se presentarán los escenarios y se obtendrá la retroalimentación necesaria para el diseño del juego tangible.

4. **Prueba de prototipos.** En ésta fase se proponen varios prototipos de superficies tangibles que son hechos en base a los escenarios así como de los prototipos de baja fidelidad realizados previamente. Estos prototipos se evalúan mediante pruebas de usabilidad y posteriormente con usuarios potenciales. Los resultados esperados de esta fase incluyen: (1) un conjunto de implicaciones de diseño para el desarrollo de la superficie interactiva y (2) una versión final de prototipo de la superficie interactiva.
5. **Diseño de prototipos de baja fidelidad.** En esta fase de la metodología se realizan varios prototipos de baja fidelidad (*e.g.*, prototipos en papel, maquetas), en base a los resultados del estudio contextual y las observaciones realizadas durante la prueba de prototipo. De esta manera es posible tener una experiencia parcial del producto final.
6. **Implementación del prototipo.** En esta fase se desarrolla el software y hardware (si es necesario), para obtener un prototipo de alto nivel, el cual integra las observaciones y sugerencias que se realizaron durante las sesiones de diseño.
7. **Evaluar el prototipo final.** En ésta fase se realiza una evaluación en sitio de la superficie interactiva para poder analizar el impacto de la tecnología en un contexto real y de esta manera verificar si la interactividad que brinda el sistema es adecuada para proporcionar al niño conciencia corporal. Además se evaluara el impacto de la tecnología en los terapeutas.

1.9 Organización de la tesis

El trabajo de tesis está organizado de la siguiente manera:

- Capítulo II.- Aquí se describe el estado del arte de la aplicación de las interfaces tangibles y naturales de usuario considerando las terapias sensoriales para niños con autismo.
- Capítulo III.- En éste se explica el estudio contextual que se llevo a cabo para encontrar los problemas y las estrategias que se presentan durante el proceso de ejecución de las terapias sensoriales.
- Capítulo IV.- Aquí se explican los métodos utilizados para el diseño del sistema interactivo, así como los algoritmos utilizados para su implementación.
- Capítulo V.- En éste capítulo se explica el diseño del estudio que se realizó en sitio para medir el impacto del sistema interactivo y se presentan los resultados del mismo.

- Capítulo IV.- Por último se presentan las conclusiones y las aportaciones que se lograron con este trabajo, así como las limitaciones y algunas ideas para el trabajo futuro.

Capítulo 2. Estado del arte

2.1 Introducción

En éste capítulo se muestran algunos ejemplos de aplicación del cómputo tangible que se han diseñado para apoyar diversos aspectos del desarrollo de los niños (*e.g.*, educación, aprendizaje, creatividad). Posteriormente se focaliza nuestra revisión en el trabajo relacionado al dominio de las terapias sensoriales y de conciencia corporal para niños con autismo.

Para nuestro estudio se realizó una búsqueda de trabajos relevantes en la biblioteca “ACM digital library”¹⁴, concentrándonos en la revisión de los artículos publicados en congresos y revistas relevantes en al área de cómputo ubicuo (UbiComp¹⁵, TEI¹⁶), interacción-humano computadora (CHI¹⁷, “J. Foundations in Trends HCI”), y tecnología en apoyo a niños con autismo o discapacidades cognitivas (IMFAR¹⁸ y ASSETS¹⁹).

Las palabras clave en inglés que se utilizaron durante la búsqueda incluyen: “Tangible interfaces”, “natural user interfaces”, “autism therapy”, “videogames”.

Para crear el cuerpo de literatura de este trabajo, se buscaron y seleccionaron artículos que mostraran resultados en la combinación de términos: interfaces tangibles y autismo, interfaces naturales y autismo, e interfaces naturales y tangibles.

Para éste capítulo los trabajos se clasificaron en: sistemas de estimulación vibro táctil, sistemas musicales o audibles, y sistemas visuales. Al final del capítulo se muestra una tabla donde se resumen los proyectos que se describen y los problemas que atacan.

2.2 Estimulación vibro-táctil

Puesto que las TUI brindan una experiencia sensorial más completa que otro tipo de interfaces, se ha explorado cómo el uso de las TUIs apoya a la educación y el aprendizaje para niños neurotípicos. En particular por que las TUIs permiten a los niños manipular objetos reales y controlar medios digitales. Por ejemplo, se ha investigado como se pueden

14 <http://dl.acm.org>.

15 <http://www.ubicomp.org>.

16 <http://www.tei-conf.org/13>.

17 <http://chi2012.acm.org>.

18 <http://www.autism-insar.org/imfar-annual-meeting/imfar-2012>.

19 <http://www.sigaccess.org/assets12/index.html>.

trasladar materiales didácticos (Material didáctico Montessori²⁰) a una interfaz tangible (Zuckerman, Arida, & Resnick, 2005), mediante el diseño de dos clases de objetos: “Flowblocks” y “Systemblocks” (ver Figura 6). “Flowblocks” le permite al niño entender conceptos relacionados con el conteo de elementos, y “Systemblocks” el cual le permite al niño entender conceptos como proporción o acumulación. Estos conceptos se aprenden por medio de la manipulación de objetos (*e.g.*, conectar, apilar, ordenar). Algunos otros proyectos tienen como objetivo fomentar la creatividad e ingenio de los niños. Por ejemplo, “Pico crickets”²¹, desarrollado en el Media Lab del MIT, es una TUI que permite interconectar dispositivos electrónicos que incluyen actuadores, sensores, servomotores. Con estos dispositivos se pueden crear objetos responsivos como marionetas mecánicas o instrumentos musicales.



Figura 6. “Systemblock”, es una TUI de ensamble que le permite al niño entender conceptos matemáticos como el de proporción (Zuckerman, Arida, & Resnick, 2005).

Particularmente para los niños con autismo se han desarrollado interfaces vibrotáctiles con fines terapéuticos facilitando la colaboración entre el terapeuta y el niño.

Por ejemplo, “Touch me” (Brave & Dahley, 1997), es un sistema que permite realizar la terapia Wilbarger (Champagne & Stromberg, 2004) de manera remota. La terapia Wilbarger consiste en pasar, por el cuerpo del niño diferentes tipos de cepillos con diferentes texturas. Este dispositivo consiste de un arreglo de vibradores montados sobre una manta suave que pueden estimular grandes áreas del cuerpo (*e.g.*, brazos, piernas, espalda, pecho) brindando una sensación tranquilizadora. El terapeuta controla el dispositivo

²⁰ Este material didáctico fue desarrollado por la pedagoga italiana Maria Montessori en 1912 como parte de su método educativo.

²¹ <http://picocricket.com/index.html>.

a través de un pequeño teclado musical. De manera similar, “Squeeze me”, es un chaleco que simula la “terapia de abrazo” o “abrazo terapéutico”²² (Berrios & Jacobowitz, 1998). Este dispositivo aplica cierta presión en diferentes partes del cuerpo (*e.g.*, hombros pecho y espalda). Esta presión se genera por medio de cámaras neumáticas que se expanden por medio de un compresor portátil. Es utilizado en ataques de pánico y en niños agresivos.

En cuanto a las terapias de integración sensorial, el sistema T3 (por sus siglas en inglés “things that think” (Ibarra Catalina & Tentori Monica, 2012)), es una TUI que apoya a los terapeutas y maestros de los niños con autismo a enfocar a los niños con autismo durante la terapia de discriminación de objetos. Este sistema consiste de un cubo, un guante RFID y un tablero. El cubo tiene 3 cm de arista, el cual tiene incorporado un acelerómetro, un motor, una bocina, un micrófono, y un arreglo de luces (ver Figura 7.a). Un escenario de uso de este sistema, es cuando la terapeuta le pide al niño tomar un cubo de cierto color de entre varios; si el niño toma el correcto, el sistema T3 recompensa al niño de manera auditiva (*e.g.*, con algún sonido o música) o de manera visual (*e.g.*, con luces de colores). El sistema fue evaluado con 18 niños con autismo y los resultados de un estudio de evaluación de T3 indican que el uso del sistema reduce la carga de trabajo de las maestras, facilita el registro de la información, y mejoran la atención de los niños en la terapia (Escobedo, Ibarra, Hernandez, Alvelais, & Tentori, 2013).



Figura 7. (a) El Sistema T3, da soporte a maestras en terapias de discriminación de objetos. (b) “TOPOBO” es un juguete de ensamble que apoya a los niños a aumentar sus habilidades de colaboración y asociación.

También se han utilizado las TUIs para evaluar las habilidades colaborativas y asociativas de los niños con autismo. Por ejemplo, “TOPOBO” (Farr, Yuill, & Raffle, 2010) es un juguete de ensamble capaz de almacenar y reproducir movimientos. Un ejemplo del uso de

²² Del inglés “Therapeutic holdig”.

“TOPOBO”, es utilizarlo para formar la figura que se muestra en la figura 7.b con las piezas de este sistema. Cuando el niño mueve una parte de la estructura (*e.g.*, una extremidad de la estructura), el sistema almacena en memoria este movimiento y posteriormente lo reproduce. Los niños mostraron una mayor disposición para armar el juguete en forma colaborativa con “TOPOBO” que con otros juguetes de ensamble como LEGOs.

2.3 Sistemas musicales y audibles

Otros proyectos exploran como las TUIs pueden estimular la creatividad musical de los niños. “Musicblocks”²³ (ver Figura 8) es una TUI que le permite al niño generar secuencias musicales por medio de cubos. Para generar la secuencia, el niño ensambla los cubos en una base y de acuerdo al orden de los cubos, la base reproduce el sonido de la secuencia.



Figura 8. “Musicblock” es un juguete en el que el niño puede generar diferentes secuencias musicales cuando modifica la posición de los cubos en la estructura.

La idea de generar secuencias musicales por medio de objetos físicos se utilizó para desarrollar sistemas más especializados como es el caso de “Reactable” (Jordà et al. 2007; Jordà 2010). “Reactable”, es una superficie interactiva que permite componer música en tiempo real y de forma colaborativa (ver Figura 9).

Se realizó una investigación acerca del uso de “Reactable” y cómo pueden ayudar a los niños con autismo a adquirir ciertas habilidades sociales y reducir el juego solitario que es común en los niños con autismo (Villafuerte, Markova, & Jorda, 2012). Los resultados de este estudio muestran que la interacción entre los niños con autismo aumentó con ayuda del “Reactable”, lo que les permitió incrementar sus habilidades sociales.

²³<http://www.neurosmithtoys.com/>.

Un resultado interesante es que el uso de los objetos ayudó a los niños con autismo a reducir el estrés que les genera iniciar la comunicación con las demás personas, ya que 4 de 9 niños con autismo utilizaron los objetos para iniciar una conversación no verbal con las demás personas. Este trabajo muestra que las superficies interactivas y la interacción con objetos son adecuadas para los niños con autismo.



Figura 9. “Reactable” es una superficie interactiva que apoya a los niños con autismo al aumentar las habilidades sociales de los niños con autismo.

Por otro lado “Tap and play” (Piper, Weibel, and Hollan 2012) es un sistema híbrido entre una pluma digital y papel tradicional que permite la manipulación de audio para realizar documentos electrónicos. “Tap and play” está diseñado para soportar 3 interacciones básicas: grabación de audio, reproducción de audio, y reconocimiento de movimientos de escritura. Sobre la pluma ésta montada una cámara infrarroja, que va codificando en tiempo real el patrón dibujado sobre el papel. Se ha demostrado que “Tap and play” apoya las actividades relacionadas con problemas de lenguaje.

2.4 Sistemas visuales

En esta sección se describen algunos sistemas que hacen uso de las TUIs y de la NUIs las cuales proporcionan una retroalimentación visual al usuario por medio de algún dispositivo de video (*e.g.*, pantalla, proyector). Un ejemplo es “Rope revolution” (Yao et al., 2011), un juego que hace uso de una cuerda como medio de manipulación del juego. Esta cuerda monitoriza el movimiento y la tensión del usuario, lo que establece la respuesta del sistema. En base a estos parámetros establece la respuesta del sistema que en este caso es controlar la elevación y dirección de un papalote. Para este sistema se implementaron cuatro juegos (“Kite fly”, “rope jump”, “horse driving”, “wood sawing”). En “Kite fly”, por ejemplo, el usuario tiene que dirigir un papalote por medio de la cuerda y sólo jalando de ella, el

papalote puede tomar una mayor altura (ver Figura 10). Cuando el papalote se eleva (de forma virtual) el sistema retroalimenta al usuario por medio de la tensión en la cuerda.

Este ejemplo es interesante ya que por una parte, el sistema aprovecha las propiedades (i.e., “affordances”) de la cuerda (e.g., jalar, sacudir), para interactuar con el sistema; lo que permitió generar escenarios con experiencias más apegadas a la realidad (e.g., saltar la cuerda, controlar un papalote). Además, es un ejemplo de un sistema cuyo modelo de interacción está basada en objetos (la cuerda) y en movimientos naturales (jalar la cuerda).

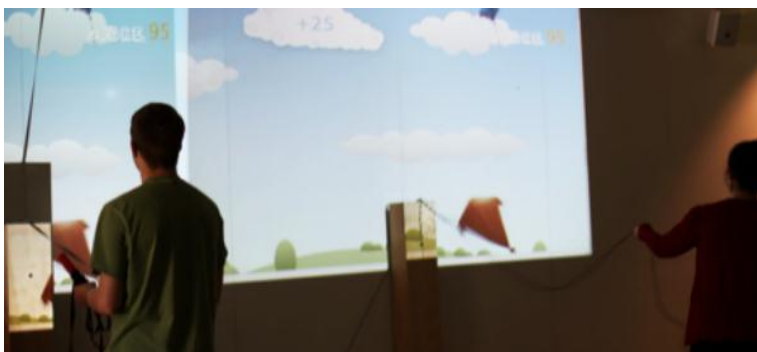


Figura 10. “Kite fly” es uno de los juegos para Rope revolution, el cual consiste en jalar de una cuerda para controlar la “altura de vuelo” de un papalote virtual. La cuerda se tensa de acuerdo a la altura que toma el papalote.

En otro estudio, se desarrolló “Kinect2scratch” (Howell, S., 2012), la cual es una plataforma que permite desarrollar interfaces naturales para niños. Ésta plataforma hace uso del control “Kinect”²⁴ y es programada por medio del lenguaje de programación “Scratch”²⁵. Uno de los proyectos desarrollados con “Kinect2scratch” es una NUI que le permite al niño generar sonidos a partir de sus movimientos y al mismo tiempo que puede dibujar sobre una pantalla.

En este mismo sentido Mehmet Akten desarrolló “Bodypaint”²⁶ (ver Figura 11), que es una instalación interactiva que fue exhibida en el instituto “EYE film” en Amsterdam²⁷. La idea fue diseñar un sistema para que el usuario pudiera “pintar” con los movimientos de su cuerpo en tiempo real. Las manchas de colores se generan en base a los movimientos del cuerpo que se detectan por medio del control “Kinect”.

²⁴ <http://www.xbox.com/en-US/#fbid=Ru1eT0jCrE9>.

²⁵ Scratch es un lenguaje de programación orientado a los niños, desarrollado por el MIT. (<http://scratch.mit.edu/>).

²⁶ <http://www.memo.tv/bodypaint/>.

²⁷ <http://www.eyefilm.nl/en/exhibition/basement/basement>.



Figura 11. “Bodypaint”, es una instalación interactiva que responde a los movimientos del cuerpo del usuario para crear efectos visuales.

“Bodypaint” mostró en general que la retroalimentación visual invita al usuario a seguir moviendo su cuerpo. Sin embargo, podría no ser adecuado para niños con dificultades de conciencia corporal, ya que el usuario necesita estar consciente de que sus movimientos son los que generan estas manchas de colores. Por otra parte “MEDIATE” (Parés et al., 2005) es una NUI diseñada para atacar un problema relacionado con la falta de conciencia corporal en niños con autismo. Particularmente, la falta de “sentido de la acción”; dicho problema se puede definir como: “...el sentido de que soy yo quien causa o genera cierta acción. Por ejemplo el sentido de que soy yo quien causa o genera que algo se mueva” (David, Newen, & Vogeley, 2008).

“MEDIATE” consiste de un conjunto de sensores (*e.g.*, táctiles) y cámaras de video, que obtienen la información de los movimientos del niño, el cual está basado en un sistema de visión artificial. De esta manera se pretende generar un ambiente para que el niño, de manera natural y por medio de sus propios movimientos corporales, comience a interactuar con el sistema. La interacción con “MEDIATE” es sencilla, cualquier movimiento del cuerpo del niño, genera una reacción por parte del sistema. El objetivo es que el niño comience a relacionar que una acción de su cuerpo tiene una consecuencia en el sistema a través de estímulos vibrotáctiles, visuales y auditivos generados en tiempo real (ver Figura 12.a). La idea es crear un ambiente controlado que estimule la parte creativa del niño a través del juego y la exploración de su ambiente.

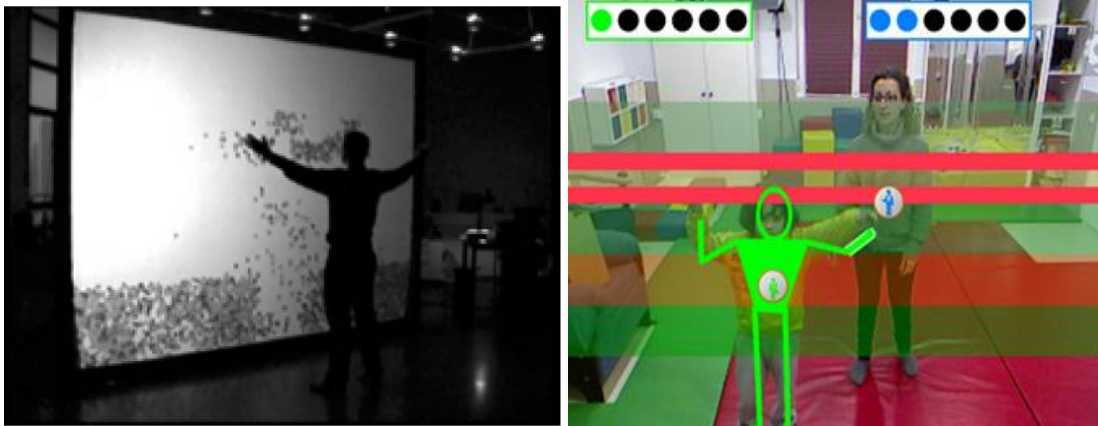


Figura 12. Sistemas visuales interactivos que apoyan a superar problemas relacionados con la conciencia corporal: (a) “MEDIATE” es un sistema que incorpora una NUI, para apoyar a los niños a adquirir sentido de la acción. (b) “Pictogram room” es un sistema diseñado para apoyar a los niños con autismo en cuestiones relacionadas con la conciencia corporal.

El impacto de “MEDIATE” se probó con un poco más de 90 niños con autismo mediante un estudio cualitativo, el cual mostró que ninguno de los niños se sintió incomodo al interactuar con “MEDIATE”. Por medio de observaciones se pudo verificar que el diseño de “MEDIATE” y el modelo de interacción visual mostró resultados positivos en la expresividad del niño (*e.g.*, a los niños les gustaba bailar dentro del ambiente).

Sin embargo, los mecanismos que proporciona “MEDIATE”, no brindan una retroalimentación completa del cuerpo del niño, ya que solo soporta la acción del movimiento del niño. Para las terapias de conciencia corporal, es necesario que el niño observe por completo su cuerpo (*i.e.*, como un espejo). Además no incorpora la interacción con objetos lo cual es importante para las terapias de integración sensorial.

Por otra parte “Pictogram room” (Herrera et al., 2012) es una aplicación que ofrece una retroalimentación completa del cuerpo al niño e incorpora una interfaz natural de usuario. “Pictogram room” apoya a niños con autismo o con alguna discapacidad intelectual a utilizar pictogramas para facilitar aspectos de comunicación, atención conjunta, esquema corporal, e imitación.

“Pictogram room” está basado en el sistema de “Comunicación por Intercambio de Imágenes” (PECS por sus siglas en inglés Picture Exchange Communication System). El sistema PECS utiliza tarjetas con pictogramas que expresan alguna necesidad que tiene el niño. Sin embargo el hecho de que asocien adecuadamente el pictograma con la acción que solicitan, no significa que realmente comprendan la imagen del pictograma. De aquí parte la idea de asociar la imagen del niño directamente con un pictograma, para que tomen

conciencia de que el pictograma es una representación de ellos mismos (ver Figura 12.b). Debido a lo reciente del trabajo (2012), aun no se han reportado resultados del impacto de este sistema en los niños con autismo.

2.5 Resumen y conclusiones

En éste capítulo se mostró cómo el cómputo tangible puede apoyar en diversos aspectos del desarrollo de los niños como la creatividad (*e.g.*, “Musicblocks”²⁸), aprendizaje y educación (*e.g.*, “Flowblocks”, “Tap and play”). Durante la revisión de la literatura, se mostraron ejemplos de cómo el cómputo tangible puede apoyar a los niños con autismo en aspectos como: apoyo a las habilidades: sociales (*e.g.*, “Reactable”), colaborativas (*e.g.*, “TOPOBO”) y sensoriales (*e.g.*, “T3”), y especialmente a problemas relacionados con la conciencia corporal (*e.g.*, “MEDIATE”, “Kinect2scratch”, “Bodypaint”²⁹).

En esta revisión de literatura se encontró que las interfaces tangibles de usuario son adecuadas para los niños con autismo ya que mejoran la atención en la terapia (*e.g.*, T3, “TOPOBO”) y apoyan a los niños con autismo a reducir el estrés que les genera el iniciar conversaciones con las demás personas e integrar dinámicas de carácter cooperativo (*e.g.*, “Reactable”). En otro ejemplo, “Rope revolution” mostró que es posible incorporar un modelo de interacción que incorpore objetos y movimientos naturales. Un aspecto interesante de “Rope revolution” es que aprovecha las propiedades de la cuerda, para generar escenarios más apegados a la realidad y aumentar la interactividad entre el usuario y el sistema.

Por último se encuentran los sistemas de tipo visual, cuyo modelo de interacción está basado en los movimientos naturales de los usuarios, mostraron que son adecuados para brindar a los niños una adecuada retroalimentación sensorial. Por ejemplo con “Kinect2scratch” es posible desarrollar una NUI que permita al niño generar sonidos a partir de sus movimientos y dibujar sobre una pantalla. En este sentido se encontró que la retroalimentación visual invita al usuario a seguir moviendo su cuerpo (i.e “Bodypaint”). Similarmente “MEDIATE” aprovecha los movimientos naturales de los niños para apoyar las deficiencias del sentido de la acción. Sin embargo, los mecanismos que proporciona “MEDIATE” no brindan una retroalimentación completa del cuerpo del niño, ya que solo soportan la acción del movimiento. Así, “Pictogram room” (Herrera et al., 2012) está

²⁸<http://www.neurosmithtoys.com/>.

²⁹<http://www.memo.tv/bodypaint/>.

diseñado para brindar una retroalimentación completa de los movimientos corporales del niño con autismo, sin embargo aun no se han reportado resultados del impacto de “Pictogram room” sobre los niños con autismo.

La siguiente tabla muestra un resumen de los sistemas que se han discutido y las problemáticas que atacan. Se hace una diferencia entre los aspectos sensoriales y de consciencia corporal.

Tabla 1. Aplicaciones del cómputo tangible en terapias sensoriales y de consciencia corporal

Sistema	Apoyo Sensorial			Apoyo Corporal	
	Auditivo	Visual	Táctil	Conciencia Corporal	Sentido de la acción
T3 (Ibarra Catalina & Tentori Monica, 2012)	X	X	X		
TOPOBO (Farr, Yuill, & Raffle, 2010)		X	X		
Rope revolution (Yao et al., 2011)		X	X		
Bodypaint (Mehmet Akten, 2009)		X			X
MEDIATE (Parés et al., 2005)	X	X	X		X
Pictogram room (Herrera et al., 2012)	X	X		X	X
Reactable (Villafuerte et al., 2012)	X	X	X		X

Capítulo 3. Estudio contextual. Entendiendo las terapias sensoriales y de conciencia corporal

3.1 Introducción

En este capítulo se muestra el desarrollo de un estudio contextual³⁰ con el objetivo de entender los problemas a los cuales se enfrentan los terapeutas y pacientes durante el desarrollo de las terapias sensoriales; así como las estrategias que se siguen para enfrentar estos problemas. El estudio se realizó en el Centro de Rehabilitación Integral (CRI), de Ensenada B.C., el cual es un centro que ofrece servicios como: terapias (*e.g.*, física, ocupacional, sensorial) y psicoterapia (*e.g.*, psicoanálisis, conductual). El estudio se dividió en dos fases. El objetivo de la primera fase fue entender de manera general los procesos y prácticas del CRI, (*e.g.*, conocer las terapias que se realizan), y en base a este conocimiento, focalizar el estudio en una terapia específica. El objetivo de la segunda fase fue entender con mayor detalle el proceso de las terapias sensoriales en particular las terapias relacionadas con la conciencia del cuerpo. Finalmente, se da un resumen y discuten los resultados de ambos estudios.

3.2 Metodología

El estudio contextual involucró una fase de reclutamiento y consentimiento donde se identificaron los posibles informantes, a quienes se les pidió su autorización para observarlos y entrevistarlos; ver formato de consentimiento en Apéndice 1). Posteriormente, se llevó a cabo una fase de recolección de datos, donde se realizaron las transcripciones de cada una de las entrevistas. Por último, la fase de análisis de los datos involucró el uso de técnicas de teoría fundamentada³¹ y diagramas de afinidad³² (Creswell, 2012; Glaser & Strauss, 2009).

³⁰ Un estudio contextual es un método que es utilizado para obtener información de los usuarios potenciales, considerando el contexto para el cual se está desarrollando el sistema, a fin de obtener los requerimientos que el sistema debe cumplir. Algunas técnicas que se utilizan para recabar la información son: observación, entrevistas y cuestionarios.

³¹ La teoría fundamentada es un método de investigación cualitativa para generar teoría conceptual, a partir de datos que son sistemáticamente capturados y analizados.

³² Es un método de categorización de información, donde son agrupados elementos que mantienen cierta propiedad o relación.

3.2.1 Reclutamiento y consentimiento

Por un periodo de una semana, se estableció el contacto con el CRI para el reclutamiento de los informantes. Con ayuda de los psicólogos de la institución se identificaron los posibles informantes para el estudio. Posteriormente, se discutieron los criterios de inclusión para participar en el estudio, riesgos y beneficios de los informantes, y políticas de acceso a los datos del estudio. Tomando en cuenta las preferencias del CRI, se llevaron a cabo los formatos de consentimiento correspondientes (ver Apéndice 1). Estos formatos fueron entregados a los posibles informantes y se les dio un par de días para que lo pudieran analizar. Una vez que todos los informantes firmaron los formatos de consentimiento, se inició el estudio.

3.2.2 Recolección de datos

Por un periodo de 2 meses se realizaron entrevistas con los participantes del estudio (ver Tabla 2) y sesiones de observación en sitio.

Tabla 2. Características de los informantes.

Categoría	Número	Género	Edad	Experiencia en apoyo psicológico (tiempo promedio)	Tipo de terapias que atiende
Psicólogos	2	Mujer (1), Hombre(1)	38.y 50	En promedio 20 años	Psicoterapia, Estimulación sensorial
Fisioterapeutas	1	Hombre(1)	28	8 años	Terapia física, estimulación sensorial, electroterapia
Pasantes de fisioterapeutas	2	Mujer(1), Hombre(1)	22	3 años	Terapia física, electroterapia
Pasantes de psicología	2	Mujer(2)	23, 26	6 meses	Estimulación sensorial

Pasante Terapeuta ocupacional	1	Mujer (1)	23	1 año	Terapia ocupacional
-------------------------------------	---	-----------	----	-------	------------------------

Para la primer fase del estudio se realizaron 6 entrevistas semiestructuradas con una duración promedio de 40 minutos (ver protocolo de entrevista, Apéndice 2), para obtener un total de 240 minutos de audio. Durante este periodo se les preguntó a los informantes acerca del entorno de trabajo, las características generales de los pacientes, sobre las terapias que se realizan, su interacción con objetos, los mecanismos de motivación, captura de información, y conciencia corporal. Las entrevistas se complementaron con un total de 2 horas de observación no participativa que corresponden a 4 terapias del área de fisioterapia, terapia ocupacional, y terapia sensorial.

Para la segunda fase se realizaron 3 entrevistas semiestructuradas con una duración promedio de 40 minutos a 2 psicólogos y un fisioterapeuta (ver protocolo de entrevista, Apéndice 3), para obtener un total de 120 minutos de audio. Durante este periodo se pregunto a los informantes acerca de las terapias sensoriales, los artefactos que se utilizan, problemas que se presentan durante la terapia, interacción con objetos y conciencia del cuerpo. Las entrevistas se complementaron con 1 hr. 30 min., de observación de 3 terapias sensoriales. Todas las entrevistas y reportes de observación se transcribieron para su análisis posterior.

3.2.3 Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizaron las técnicas de teoría fundamentada, y diagramas de afinidad. Se inició con un microanálisis³³ (Glaser & Strauss, 2009) de cada una de las entrevistas. Este análisis posteriormente se utilizo como un esquema sistemático para codificar los datos³⁴.

33El microanálisis consiste en ir analizando línea por línea los datos de investigación (transcripciones de entrevistas) y de este manera encontrar categorías preliminares.

34La codificación es la fase donde se descomponen los datos en partes discretas, a fin de examinar, conceptualizar y reconfigurar los datos. Existen tres tipos de codificación: abierta, axial y selectiva.

Durante la codificación axial se realizaron diagramas de afinidad para la conceptualización y categorización de los datos generados en la parte de código abierto. De esta manera se encontraron las propiedades y dimensiones de cada una de estas categorías.

Durante la codificación axial se obtuvieron un total de 12 categorías. Se realizaron 3 sesiones de interpretación de los datos en las cuales se reagruparon las categorías para obtener finalmente sólo 5. En el proceso de codificación y reagrupación de las categorías participaron un investigador, un estudiante de doctorado y un estudiante de maestría. Para apoyar el análisis cualitativo se utilizó el software “AtlasTi”³⁵.

3.3 Resultados

La primera fase del estudio contextual ayudó a comprender de manera general como funciona el CRI. Se categorizaron los diferentes servicios que ofrece el CRI que son básicamente dos: terapias (*e.g.*, terapias sensoriales, fisioterapia), y servicio de psicoterapia (*e.g.*, psicoanálisis, conductual).

En base a estos resultados se realizó la segunda fase del estudio. Éste estudio se enfocó en estudiar cómo se llevan a cabo las terapias sensoriales en niños con autismo. A continuación se muestran los resultados de la segunda fase del estudio ya que son los que tienen mayor relevancia para los fines de esta tesis.

3.3.1 Proceso de ejecución de las terapias sensoriales

En esta sección se explica de manera general cómo se lleva a cabo el proceso de las terapias sensoriales (ver Figura 13). En primer lugar se describen los principales problemas que los niños con autismo enfrentan cuando asisten al CRI. Posteriormente se describe el proceso y las herramientas que el personal del CRI utiliza para el diagnóstico de problemas sensoriales, las herramientas y artefactos que se utilizan durante las terapias sensoriales, y se da un escenario que ejemplifica el ecosistema sensorial. Por último, el estudio se enfoca en explicar cómo se llevan a cabo las terapias sensoriales de consciencia corporal y se describen los problemas que ocurren durante el desarrollo estas terapia, y las estrategias que psicólogos y terapeutas siguen para enfrentar estos problemas.

³⁵<http://www.atlasti.com/index.html>.

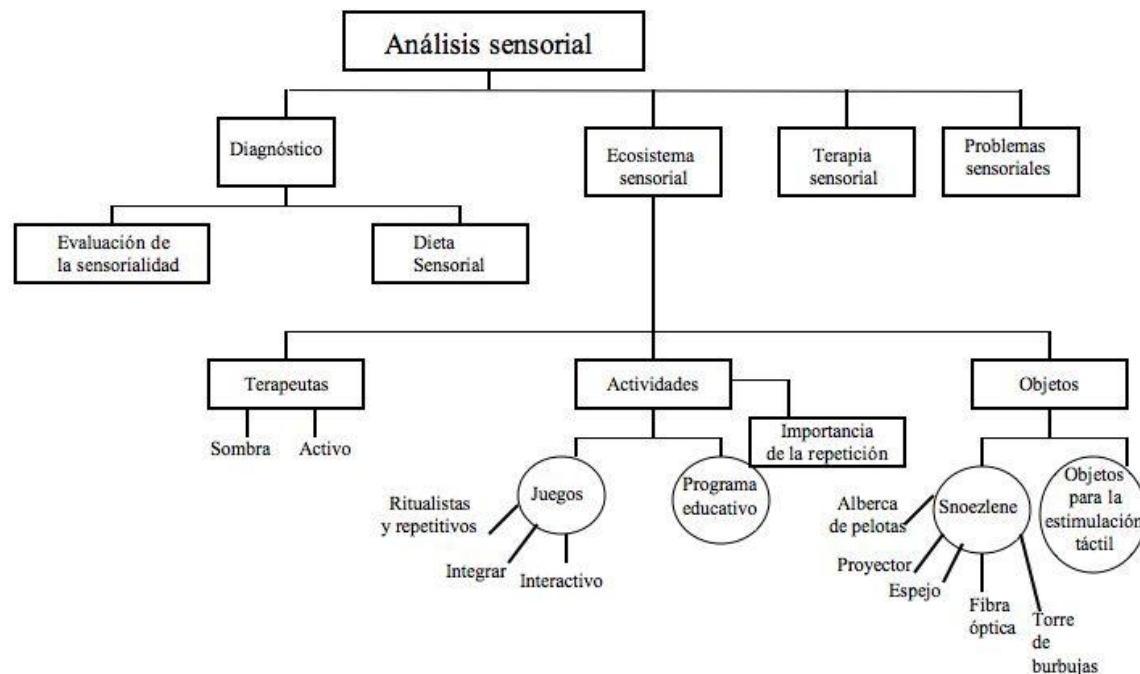


Figura 13. Esquema general del proceso de ejecución de las terapias sensoriales.

3.3.1.1 Problemas sensoriales

Los problemas que con mayor frecuencia se encontraron fueron los problemas de hipersensibilidad, en donde los niños no son capaces de soportar ciertos estímulos (*e.g.*, no toleran texturas rugosas o sonidos de grillos), e hiposensibilidad, cuando los niños no son capaces de distinguir cierto estímulo (*e.g.*, no perciben el calor de un recipiente caliente).

“Existen personas que son hipersensibles [por ejemplo] al estímulo auditivo, al tacto, al gusto, al olfato o al movimiento; [un ejemplo es] cuando hay muchos sonidos, algunos niños desorganizan sus procesos mentales o cognitivos, y otros no; a otros los estimulas auditivamente y empiezan a integrar sus procesos mentales...” (Psicólogo) En esta cita se hace evidente que existe un compromiso importante entre el nivel de estimulación y la organización de los procesos mentales de los niños. Una sobre estimulación puede ocasionar que el niño se moleste o grite.

Se observaron también otro tipo de problemas que impactan en las habilidades sociales de los niños con autismo; por ejemplo, no hacen contacto visual cuando una persona se dirige a ellos, pueden ser hipersensibles al contacto físico de otra persona o sus problemas de lenguaje.

“[Los niños con autismo] no socializan, [...]. Si hay un niño jugando, él seguirá jugando, pero de forma independiente, no va a socializar, y es muy ritualista; por ejemplo, pueden agarrar un carrito y hacer doscientas veces el mismo movimiento.”(Psicólogo)

Este tipo de comportamientos impactan en la atención del niño durante las terapias sensoriales, por lo que los terapeutas tienen que buscar la manera de llamar la atención de los niños.

Además, la falta de conciencia corporal provoca que los niños con autismo presenten movimientos estereotipado, como agitación de las manos, aleteo, y movimientos de cabeza repetitivos.

“Uno de los grandes problemas de los niños con autismo es la falta de conciencia de su cuerpo, [...], no tiene conciencia de sus movimientos, no se da cuenta que aletea, no tiene conciencia de que se meste [*i.e.*, movimientos estereotipados], no se da cuenta que existe, no se da cuenta que el otro existe” (Psicólogo)

De ésta forma la falta de conciencia corporal afecta en la atención y en otros aspectos como la motricidad.

3.3.1.2 Diagnóstico psicológico

La manera en que los psicólogos detectan en los pacientes estos problemas sensoriales es a través del diagnóstico psicológico. En base a este estudio se puede determinar el tipo de terapia que el paciente requiere.

El diagnóstico psicológico consiste en realizar en primer lugar un registro de la información del paciente, posteriormente se realiza una evaluación sensorial que incluye la aplicación de una prueba. Un ejemplo de esta es la prueba de Ayres o también llamada SIPT³⁶, la cual es un examen estandarizado que consta de 17 pruebas y valora el estado de integración

³⁶ Por sus siglas en inglés: Sensory Integration and Praxis Test (SIPT).

sensorial y la adaptación de éstas en la vida diaria adaptación a de los niños. En base a este examen se personalizan las terapias de acuerdo a las necesidades del paciente.

“Hay una mujer que se apellida Ayres, terapeuta ocupacional, especialista; ella creó un perfil para evaluar la sensorialidad de los niños. Yo me apoyo con esta terapeuta ocupacional norteamericana que es muy buena; ampliamos ese perfil y es el que se está utilizando, para ver los aspectos auditivos, visuales, táctiles e ir viendo si es híper [sensible] o es hipo [sensible] y vamos creando los perfiles” (Psicólogo)

Otro tipo de examen que se aplica para diagnosticar al paciente es el “Sistema de evaluación, valoración y planeamiento de programas para infantes y preescolares” (AEPS) (Bricker & Babinsky, 1998). El AEPS es un instrumento que se utiliza para medir seis dominios: motriz grueso, motriz fino, cognoscitivo, social, adaptativo y de comunicación social.

Por medio de estos exámenes de evaluación, el psicólogo establece la dieta sensorial o perfil sensorial, donde se establece el tiempo e intensidad que se debe de exponer a un niño con autismo a un estímulo determinado (*e.g.*, un niño debe de interactuar con el color amarillo por 10 minutos).

“Existen personas que son hipersensibles [por ejemplo] al estímulo auditivo, al tacto, al gusto, al olfato o al movimiento; [un ejemplo es], cuando hay muchos sonidos algunos niños desorganizan sus procesos mentales o cognitivos y otros no; a otros los estimulas auditivamente y empiezan a integrar sus procesos mentales. Es aquí donde te digo que el perfil sensorial ayuda a desarrollar sensorialmente [al niño]; -¿quién es el niño?-, ahí vamos a ver qué dieta le damos, si un poco o mucho, si no le damos o le incrementamos.” (Psicólogo)

“... ok, ¿a qué nos referimos con una dieta de estímulos?, es la manera en la que tienes que ir dosificando la sensación de estímulos” (Terapeuta físico)

3.3.1.3 Ecosistema sensorial

Una vez que se ha realizado un diagnóstico y se ha diseñado la dieta sensorial para el paciente, se llevan a cabo las terapias sensoriales. En particular éstas terapias se realizan en una cámara sensorial o cámara “Snoezelen”³⁷ que está especialmente diseñada para la estimulación de los sentidos.

“La estimulación sensorial consiste en lo que son los 5 canales de recepción que es el visual, el auditivo, el táctil, el gusto, y el olfato, hay niños que no tienen desarrollado alguno de esos canales y lo que se les realiza en el “Snoezelen” les ayuda a [...] desarrollar estos canales o poder conocer el mundo a través de [estos canales]” (Terapeuta)

Durante el estudio se pudo observar que los elementos más utilizados de la cámara sensorial son: la torre de burbujas, fibras ópticas, alberca de pelotas, proyecciones, sonidos ambientales y espejo (ver Figura 14.a). En particular para las terapias de conciencia corporal el elemento que más se utiliza es el espejo.

“...la búsqueda o la estimulación de la conciencia corporal [se trabaja por medio de] espejos.” (Terapeuta físico)

Otros elementos que son muy utilizados para llamar la atención de los niños son pelotas de diferentes tamaños y colores, muñecos de peluche u objetos que vibran (ver Figura 14.b derecha).

“...hay una caja azul donde hay como pelotas, hay monitos de esos que le jalas y tiemblan, hay unos tapetitos que son para las texturas y los pasas por sus bracitos, las piernas, o por la cara [...] Hay tableros que son como animales pero también los animales tienen textura entonces los sienten pero también emiten sonido” (Terapeuta)

³⁷ Es un ambiente multisensorial (MSE), desarrollado en los Países Bajos en los años 70s para estimular los sentidos de niños con autismo o trastornos del desarrollo neurológico, por medio de luces, sonidos, música.

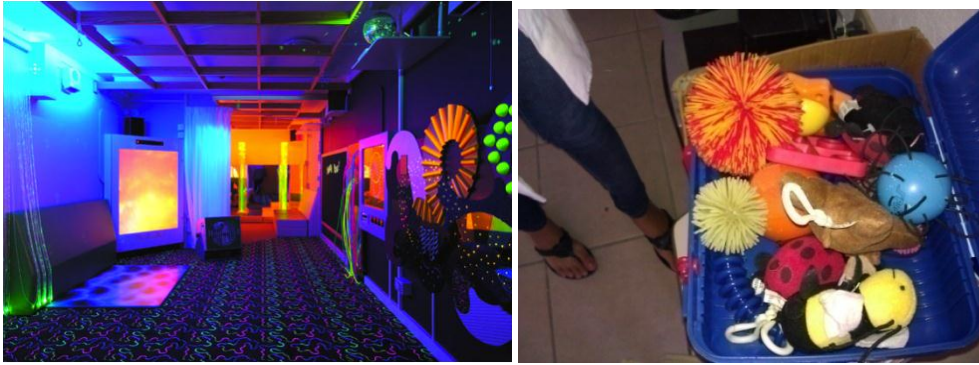


Figura 14. Ecosistema sensorial: (a) Espacios para terapias sensoriales. (b) Objetos que son utilizados en las terapias sensoriales (e.g., pelotas de diferentes texturas, muñecos de peluche).

La cámara “Snoezelen” además posee espejos que ayudan a los niños a visualizar sus movimientos mientras interactúan con los estímulos.

3.3.1.4 Historia de usuario: Interacción con objetos y problemas de comportamiento

Para ejemplificar como cada una de estas dimensiones se utilizan en la práctica. Enseguida se describe una historia de usuario que emergió de las entrevistas y de las observaciones. Esta historia de usuario ilustra la interacción de los pacientes con los objetos disponibles en el ecosistema sensorial y cómo se realizan las terapias sensoriales, en especial las terapias que se dirigen para apoyar problemas de hipo e híper sensibilidad al tacto.

Escenario I

Víctor es un niño de 8 años con autismo de media funcionalidad. Víctor es hipersensible a las texturas de plásticos y telas, y al color amarillo. El psicólogo Juan realiza una dieta sensorial que demanda que Víctor utilice objetos amarillos de plástico y tela por un periodo de 10 minutos. Esta dieta sensorial tiene el objetivo de que Víctor comience a tolerar estas sensaciones poco a poco.

Cuando Víctor entra a ésta cámara “Snoezelen”, la terapeuta Bela enciende la lámpara de burbujas y las fibras de colores. Bela además reproduce unos sonidos ambientales de fondo.

Bela sienta a Víctor sobre un tapete y le empieza a dar a Víctor pelotas con diferentes texturas (*e.g.*, rugoso, con fibras, lisas). Víctor no se interesa mucho, Bela toma las manos de Víctor y las pone sobre una de las pelotas. Víctor comienza a gritar y a llorar. Víctor toma una de las pelotas y la avienta sobre unas de las

paredes. Bela mueve las fibras ópticas para llamar la atención de Víctor. Víctor deja de llorar y se enfoca en las fibras sin embargo deja de interactuar con las pelotas y texturas. Bela trata de pasar una de las pelotas sobre el cuerpo de Víctor pero este vuelve a llorar. Al final de la terapia Bela comenta que Víctor no termino el tiempo que el psicólogo Juan programa para su terapia.

Este escenario muestra lo difícil que es para las terapeutas hacer que el niño entre en contacto con las texturas, esto debido a los problemas de hipo/hiper sensibilidad, ya que los niños lloran, gritan, e incluso pueden llegar a agredir a las terapeutas.

Una estrategia que los terapeutas utilizan para atraer la atención del niño involucra el uso de elementos luminosos (*e.g.*, fibras ópticas) y el movimiento.

3.3.2 Problemas y estrategias

En la sección anterior se describió el proceso que se sigue durante las terapias sensoriales. En esta sección se exponen las principales problemáticas a las que se enfrentan los psicólogos y terapeutas para llevar a cabo estas terapias. También se describen las estrategias que los terapeutas siguen para enfrentar estos problemas. Se hace un especial enfoque en la parte de terapias sensoriales en apoyo a problemas relacionados con la conciencia del cuerpo, y problemas de atención y enfoque en la terapia. Se finaliza con una tabla donde se muestra un resumen de estos problemas y estrategias.

3.3.2.1 Problemas de conciencia corporal

Los niños con autismo presentan severas dificultades relacionadas con la conciencia corporal que impacta en aspectos de integración social, motriz, y del lenguaje.

“[...] Hay niños, entre ellos los autistas, para los que el ‘yo’ corporal no existe, ellos no saben que ellos son ellos. Si te has dado cuenta que algunos a veces lloran y se están jalando del cabello, ellos no saben que sus manos son de él y que su cabello es de él” (Psicólogo)

En algunas otras ocasiones ellos mismos se muerden y se rasguñan, sin embargo ellos no son conscientes de este acto, algunos comienzan a llorar pero no saben porque lo hacen. Si un niño hiposensible no se dará cuenta de esto y seguirá mordiéndose hasta ocasionarse un daño físico. En otros casos, el propio cuerpo del niño les asusta por falta de conciencia de

su cuerpo, y presentan movimientos “atípicos” como movimientos compensatorios a sus desordenes sensoriales.

“[hablando de conciencia corporal] por ejemplo hay niños que ven su cuerpo y les asusta su cuerpo. Si por ejemplo hay un niño que está muy tranquilo y su mano se mueve en frente de su cara y se le queda mirando y empieza a gritar porque no conoce su cuerpo” (Terapeuta)

3.3.2.1.1 Estrategias

Las estrategias que se siguen para enfrentar los problemas de conciencia corporal incluyen el uso de “terapias de espejo”. En una de las entrevista uno de los psicólogos del CRI comento que estas terapias están fundamentadas en la base teórica del psicoanálisis de Lacan, el cual desarrolló la teoría del espejo. En esta teoría se describe cómo el ser humano integra su ‘yo’ corporal.

“Hay un psicoanalista muy famoso francés: Lacan, que su virtud es retomar el psicoanálisis ortodoxo básico freudiano [...]. Una de sus teorías más importantes es la teoría del espejo, que consiste en cómo el ser humano integra su ‘yo’, de hecho se llama la alteración del ‘yo’ corporal.”(Psicólogo)

Los psicólogos comentan que el uso de un espejo puede ayudar a que el niño identifique que es él mismo quien se está haciendo daño, y potencialmente prevenir un daño físico auto-inflingido.

“...entonces el niño se está jalando el cabello y lo pones frente a un espejo y el niño se asusta y dice: ‘esta mano es mía y este pelo también es mío, por eso me está doliendo’. Entonces es lo que puede hacer un espejo con el autista, integrar su sensación con su conciencia corporal ‘este dolor es de mi cuerpo, soy yo’ y; este dolor es de tu cuerpo y eres tú [...]; entonces el espejo tendría esa función.”(Psicólogo)

Los terapeutas físicos también hacen uso de las terapias de espejo, ya que este objeto puede brindar una retroalimentación visual de los movimientos del cuerpo. A este tipo de retroalimentación los terapeutas le llaman “bio-retroalimentación”. De esta forma los niños pueden observar su postura o los elementos del entorno.

“.. Si el espejo es una herramienta de “bio-retroalimentación” que te va a permitir que el niño se vea al frente y vea como está su postura, si esta mas desnivelado para

un lado o para el otro o para el frente, quien está atrás o quien está al frente, es ‘bio-retroalimentación’.”(Terapeuta físico)

Actualmente se manejan dos tipos de espejo, uno de ellos es de aproximadamente 1.80 m de alto X 1 m de ancho (ver Figura 15.a). Al niño lo colocan frente al espejo y le van indicando que partes del cuerpo mover, o si no las mismas terapeutas llevan las manos del niño por el cuerpo del niño para que asocie lo que siente con lo que ve. El otro espejo es propio de la cámara sensorial “Snoezelen”, (ver Figura 15.b), sin embargo uno de los psicólogos comenta que no es el más apropiado para este tipo de terapias pues “distorsionan la realidad”. En este sentido lo que se busca es que el reflejo del niño se asemeje lo mejor posible a la realidad

“ese espejo no debería estar ahí, altera la percepción. Es bueno tener un espejo regular, pero ese espejo no, porque altera la conciencia y lo que queremos es que la integre (Psicólogo)”



Figura 15. Tipos de espejo utilizados en las terapias de conciencia corporal. (a) Espejo tradicional. (b) Espejo “Snoezelen”.

Otra de las estrategias que siguen es el uso del proyector de la cámara sensorial para proyectar la imagen del niño haciendo la función de espejo, para que se puedan reconocer.

“Sí, se puede utilizar un proyector, a veces grabamos a los niños para que ellos se puedan reconocer y es muy interesante, porque se desconocen, pero hay un momento en que ponemos un brillo o algo y llega un momento en que se dan cuenta que esa proyección es de ellos mismos, entonces para esto utilizamos un proyector” (Psicólogo)

Esto indica que el integrar el espejo con estímulos visuales es una estrategia adecuada para incrementar la atención de un niño.

3.3.2.2 Problemas de comportamiento y enfoque en la terapia

Los problemas de comportamiento y enfoque en la terapia son muy frecuentes en los niños con autismo. Debido a los mismos problemas sensoriales, en ocasiones es muy complicado trabajar con ellos, un color o un sonido puede alterarlos y fácilmente se pueden irritar.

“Hay niños que tu logras un avance en ellos y llegan un día irritables y no quieren trabajar, [...]. A un niño autista cámbiale el color de su sábana o un cuadro, o ponle algo que tenía integrado al revés [un cuadro, un juguete] y va a ser difícil que lo puedas calmar, se irritan enormemente y a veces no sabe uno ni siquiera qué es”
(Psicólogo)

Las terapeutas tienen bastantes dificultades para llamar la atención del niño ya que suelen ser hiperactivos. En la cámara sensorial es muy frecuente que las terapeutas pierdan la atención del niño puesto que los niños encuentran sus propias maneras de jugar. Estos comportamientos entorpecen las terapias ya que los niños no se enfocan en las terapias.

“Ok, bueno por ejemplo el niño que tuve hoy en la mañana, antes lo trabajábamos en el “Snoezelen” y ahora lo pasamos a lo que es el CTA [Centro de Tecnología Adaptada] ese niño llega, y llega muy hiperactivo, como le gusta mucho estar allá [en la cámara “Snoezelen”], llega y se mete solo y lo sacas y llora y grita y no quiere entender” (Terapeuta)

Otro problema es que los niños no atienden de manera equitativa la cámara “Snoezelen”, saturada de estímulos sensoriales, y el espejo. Ambas terapias compiten por la atención del niño y de manera proporcional una afecta a la otra. Es decir, si un niño presta más atención a los estímulos no tomará atención al espejo, y viceversa. Entonces no es claro como los terapeutas pueden equilibrar la atención del niño hacia los estímulos y al espejo.

3.3.2.2.1 Estrategias

Las estrategias más comunes que se siguen incluyen el proporcionar ayuda verbal, física o posicional para corregir el comportamiento del niño. En este sentido las terapeutas van guiando el comportamiento del niño sin embargo se pierde mucho tiempo de la terapia para corregir el comportamiento.

“...un niño que [atiendo] alza sus brazos los agita y empieza a correr, entonces tú te pones enfrente de él, lo detienes le bajas los brazos y le dices -¡no los levantes!- y se los bajas y si el niño se resiste y lo vuelve a hacer lo detienes y se los vuelves a bajar hasta que el niño lo deje de hacer”(Terapeuta)

Otra estrategia es esperar a que el niño se relaje para que pueda seguir con la actividad. Es frecuente que cambien la actividad en las terapias para tratar de enfocar nuevamente a los niños.

“... entonces lo que se le hace, se deja 5 o 10 minutos para que se relaje pero vas hablando con él y le dices -ya vamos a guardar los juguetes, ya es hora- , - vamos a hacer otra actividad-, lo vas guiando y si no quiere pues ya lo cargas, pero ya estando tranquilo, o sea ya no llora, ya no grita “(Terapeuta).

Estas estrategias, además de corregir el comportamiento, también se utilizan para reenfocar al paciente en la terapia o guiar al paciente para que ejecute de manera correcta una actividad.

Por otra parte, los terapeutas hacen uso de los elementos de la cámara sensorial para llamar la atención del niño (*e.g.*, fibras ópticas, las lámparas de burbujas). También utilizan elementos como pelotas u objetos de colores fuertes o luminosos,

“Debes de enfocarte mucho en hacer que el niño se interese por lo que estás haciendo, entonces debes de ocupar artefactos como pelotas, aros, barras o algo por el estilo pero que tengan color, es algo que le pueda prestar más atención, porque si no, no lo va hacer.”(Terapeuta físico)

Durante el estudio se observó que uno de los objetos preferidos por los niños son las pelotas, ya que por sus mismas propiedades, poseen diferentes formas de interacción (*e.g.*, rodar, lanzar, patear, botar). Además es un elemento que fomenta la socialización, en particular entre niño, terapeuta y el movimiento del cuerpo.

“... se llama terapia social, donde, por ejemplo, yo te doy una pelota y tú me la regresas y en el momento que [el niño] te la regresa, no te puedes imaginar el logro que se tiene y de pronto el niño no voltea a verte pero te sigue dando la pelota y tu se la regresas. Algo tan simple como eso, lo que es el integrar quien soy en el mundo y quién es el otro, existo y hay alguien más que existe” (Psicólogo)

Como hace evidente esta cita, este tipo de interacción también fomenta tanto la atención en la terapia como la parte de conciencia corporal.

Otro tipo de estímulos sensoriales que se utilizan para enfocar a los niños en las terapias son los sonidos. Por lo general, los sonidos agudos o de la naturaleza son los que más les agradan.

“a algunos les pueden agradar los sonidos agudos, regularmente los graves no les gustan, o escuchar ciertos sonidos todo el día, como un radio” (Terapeuta)

“Utilizamos sonidos también de naturaleza, delfines, ballenas, agua, pájaros, son muy sensibles también a ellos, responden muy bien a los sonidos” (Psicólogo)

Todos estos elementos de estimulación se encuentran en la cámara sensorial *snoezelen*. Por una parte son de gran ayuda para que los terapeutas puedan atraer la atención los niños en la terapia; sin embargo, también pueden ser elementos que distraigan la atención del niño, ya que la atención no se focaliza en un punto en especial de la cámara. En particular, en la terapia de espejo, la atención no se centra en el reflejo del niño.

3.3.2.2.2 Escenario de espejo y problemas de enfoque

A continuación se muestra un escenario en el que se muestra cómo es que se lleva a cabo una terapia típica de espejo. El escenario emerge de la información recabada en entrevistas y observaciones.

Escenario II: Terapia de espejo y problemas de enfoque

David es un niño de tres años con espectro autista de media funcionalidad, presenta movimientos estereotipados (*e.g.*, sacude las manos, mueve la cabeza como diciendo “no”) y problemas de hiperactividad.

David entra a la cámara sensorial en compañía de su terapeuta Mary. Mary inicia la terapia de espejo colocando a David frente al espejo dirigiendo su atención en su reflejo. Mary sienta a David sobre una colchoneta y lo coloca enfrente del espejo, lo toma sus manos por su espalda y empieza a mover sus manos. Mary pregunta -¿Dónde está David?-, esperando que David identifique su cuerpo en el espejo. Sin embargo, la atención de David está puesta en una pelota que está sobre la colchoneta. El niño empieza a gritar y trata de soltarse de las manos de la terapeuta. Mary lo suelta un momento para que el niño alcance la pelota, David

empieza a rodar la pelota pero ya no hace caso al espejo. Mary lo vuelve a tomar por la espalda y lo pone frente al espejo, le toma las manos y las lleva a la cabeza del niño, por un momento el niño se observa en el espejo y Mary dice -Cabeza-. Mary coloca las manos de David en su boca y Mary dice -Boca-. David se distrae y comienza a llorar se suelta de las manos de Mary y empieza a correr. Mary lo llama pero no hace caso, David prefiere jugar con un muñeco de peluche, Mary va por él y cuando lo agarra grita y le jala el pelo. Mary le dice -¡No David!, no hagas eso-. Una vez más Mary lo pone enfrente del espejo, pero David no deja de llorar, Mary lo toma fuerte y le pasa telas con diferentes texturas. Ésta vez a Mary no le importa que esté llorando simplemente prosigue con la terapia hasta que el tiempo se termina.

En este escenario se muestra una típica terapia de espejo donde el objetivo principal es que los niños se enfoquen en su reflejo para que puedan comenzar a tomar conciencia de su cuerpo; sin embargo, es muy complicado lograr esto ya que no incorpora elementos visuales o auditivos que hagan que el niño se enfoque en el espejo. Otro punto interesante es que debido a la gran cantidad de elementos que hay en el cuarto sensorial los niños fácilmente se dispersan y la estrategia más recurrente es tomar al niño a la fuerza y llevar a cabo la terapia aunque el niño esté llorando.

3.3.2.3 Otras Problemáticas en el proceso de ejecución de terapias sensoriales

Además de los problemas de conciencia corporal y los relacionados con el comportamiento y enfoque, se encontraron otro tipo de dificultades las cuales no serán abordadas a detalle ya que están fuera del marco de la tesis. Sin embargo son nichos de oportunidad que pueden ser atacados posteriormente.

3.3.2.3.1 Falta de registro de la información

Uno de los problemas que enfrentan las terapias sensoriales, es la falta de registro de la información. En otros estudios se ha abordado esta dificultad obteniendo resultados favorables para psicólogos y terapeutas (*e.g.*, T3). El número de pacientes y las diversas patologías que se atienden, dificultan este tipo de registro de la información.

“No lo hacemos [refiriéndose al registro de información] por el número de pacientes que tenemos; pero si se puede hacer, de hecho se debe de hacer. Por ejemplo medir la capacidad que tiene el niño para mantener la atención. Nosotros [registramos] de forma cualitativa, con los [niños] que hay que poner un poco más de atención, pero no llevamos un cronómetro [para medir el tiempo]; sería interesante ver cuantitativamente los logros que los niños puedan tener.”(Psicólogo)

Actualmente la estrategia que se sigue para la adquisición de la información es por medio de reportes registrados en una bitácora. Estos reportes son generados a mano por cada uno de los terapeutas en una libreta.

“...Bueno yo lo tengo en un cuaderno, y pongo el nombre del paciente, su diagnóstico, la edad que tiene, y algunas observaciones; por ejemplo -este día el niño hizo esto e hizo lo otro- y ya todos los días voy haciendo anotaciones.”
(Terapeuta)

Además con esta cita se puede inferir que la información de los reportes se deja a la memoria y juicio del terapeuta.

3.3.2.3.2 Mala administración de los estímulos

Un problema que se puede presentar durante las terapias sensoriales es que se sobre estimule al paciente debido a la mala dieta sensorial, lo que puede ocasionar reacciones físicas como vómitos y casos muy severos epilepsias:

“¿Qué me va a indicar que me pasé de estímulo?, a lo mejor que [vomite] la leche, -sabes que, lo estimule demasiado lo mareé y lo hice vomitar-” (Terapeuta físico)

Para evitar este tipo de problemas las estrategias que los terapeutas utilizan para la adecuada administración de los estímulos es ir aumentando o disminuyendo la intensidad de los estímulos, y a “prueba y error” definir el rango adecuado para dieta sensorial.

“De pronto le bajo, de pronto le subo. Así también al aspecto visual; le acercamos objetos, los alejamos, los ponemos de cabeza, los giramos, los volteamos y vamos viendo si es hipersensible o es hipo sensible y dependiendo de eso le damos mayor estimulación auditiva o visual o le disminuimos.”(Psicólogo)

Esta cita indica que el diseño de la dieta sensorial depende en gran medida de la experiencia del psicólogo y de la aplicación correcta del diagnóstico psicológico.

3.4 Resumen y conclusiones

En este capítulo se mostraron los resultados del estudio contextual que se realizó en el Centro de Rehabilitación Integral (CRI) de la ciudad de Ensenada B.C. De esta manera fue posible entender los problemas a los que los terapeutas se enfrentan y las estrategias actuales que siguen para solucionar estos problemas. Además, fue de ayuda para entender la experiencia de interacción en una cámara “Snoezlen” y durante las terapias de espejo.

En la primera parte se mostró un panorama general de cómo se llevan a cabo las terapias sensoriales. Se describieron las principales problemáticas que presentan los niños con autismo. Donde se describió con más detalle los problemas de hiper e hipo sensibilidad, así como las dificultades sociales y de conciencia corporal.

Se describió el proceso de diagnóstico y como en base al diagnóstico psicológico se diseña la dieta sensorial o de estímulos para cada niño, en la cual se describen cuáles y en qué cantidad se deben suministrar los estímulos. Se describieron los objetos que se utilizan en las terapias sensoriales, los cuales son parte de la cámara sensorial “Snoezelen”. Entre los principales elementos que se utilizan se encuentran: las lámparas de burbujas, espejos, fibras ópticas, proyector, pelotas de diferentes colores y texturas.

Se identificaron cuatro problemas principales en el desarrollo en las terapias sensoriales que son: la falta de conciencia corporal, problemas de comportamiento y enfoque, la falta de registro de la información y la mala administración de los estímulos.

La falta de conciencia corporal es una problemática que presentan los niños con autismo, la cual frecuentemente provoca la ejecución involuntaria de movimientos estereotipados, e que el niño intente auto-infligir su cuerpo (*e.g.*, morder su propio cuerpo o jalar su propio cabello). Actualmente se realizan terapias para generar “bio-retroalimentación”, la cual se proporciona de manera visual por medio de espejos. Este tipo de terapia requiere que el paciente se enfoque en su propio reflejo generado por el espejo, sin embargo enfocar al niño en este reflejo es complicado por los problemas de comportamiento y enfoque; además de una estimulación “pervasiva” de otros estímulos disponibles en la cámara snoezlen. Ambos estímulos sensoriales y “bio-retroalimentación” compiten por la atención del los

niños dificultando que el niño alcance los objetivos de su terapia sensorial. Como consecuencia de esto, es común que los niños lloren, griten o causen algún daño físico a los terapeutas (*e.g.*, Rasguños, mordidas). La estrategia que siguen los terapeutas es utilizar diferentes tipos de objetos de la cámara sensorial principalmente aquéllos que fomentan el movimiento, como es el caso de las pelotas. Las actividades como el juego de pelota entre terapeutas y niños fomentan la adquisición de la conciencia del cuerpo del niño, ya que de esta forma puede distinguir lo que es su cuerpo y el cuerpo del otro, y apoyan la atención.

Capítulo 4. Diseño e implementación de SensoryPaint

4.1 Introducción

En este capítulo se describen los métodos utilizados para el diseño de SensoryPaint, que es una superficie interactiva que tiene como objetivo brindar los elementos necesarios para que el niño con autismo se enfoque en las terapias sensoriales, particularmente en las que apoyan a problemas relacionados con la conciencia corporal. En base a los resultados que se obtuvieron en la sección anterior, se describen los requerimientos y las ideas de diseño que el sistema debe incorporar. Posteriormente se describe la implementación del sistema, donde se exponen los algoritmos y componentes de software desarrollados para cumplir con las ideas de diseño. Se describe la arquitectura del sistema y los componentes utilizados. Por último se describe un escenario hipotético de uso para dar una idea general de cómo funciona el sistema integrado a las terapias sensoriales de niños con autismo.

4.2 Métodos de diseño

Siguiendo una metodología de diseño centrada en el usuario, se propusieron diferentes prototipos de baja fidelidad. Estos prototipos se discutieron en varias sesiones de diseño participativo (n=5). Los participantes de estas sesiones fueron dos diseñadoras integrales, un estudiante de maestría, una estudiante de doctorado en ciencias de la computación, una experta en el área de interacción humano computadora y un psicólogo.

Este proceso se realizó de manera iterativa; partiendo de un diseño inicial, en cada sesión de diseño se discutían nuevas ideas y se planteaban distintos escenarios de uso. Estas sesiones de diseño ayudaron a encontrar un balance adecuado entre la retroalimentación sensorial de los movimientos del cuerpo y el nivel de interacción que debe ofrecer el sistema.

A continuación se describen de manera detallada los requerimientos e ideas de diseño que se encontraron para el desarrollo de SensoryPaint.

4.2.1 Ideas de diseño

Durante las sesiones de diseño participativo se discutieron los resultados del estudio contextual; en base a esto, se decidió delimitar el alcance de esta tesis para diseñar una superficie interactiva que permita balancear la competencia entre los estímulos sensoriales

y la generación de “bio-retroalimentación”, para mejorar la consciencia corporal de niños con autismo. En base a esto, se encontraron las siguientes ideas de diseño.

4.2.1.1 Apoyo a la consciencia corporal

La estrategia actual para incrementar la consciencia corporal es proporcionar “bio-retroalimentación” utilizando la terapia de espejo³⁸ (ver Figura 16). Algunas veces se utiliza la imitación, donde se video-graba a los niños y posteriormente se le muestra éste video por medio de un proyector para que, eventualmente, logren reconocer su cuerpo en la imagen.



Figura 16. Uso cotidiano del espejo durante la ejecución de las terapias sensoriales.

Se encontró también que aprovechan la interacción del niño con otra persona (*e.g.*, terapeuta) aumentan las habilidades sociales del niño, lo cual impacta en la adquisición de consciencia de su cuerpo, porque les permite distinguir “quien es él y quien es el otro” (Psicólogo)

Con estas estrategias en mente, se puede observar que tanto las superficies interactivas como las interfaces basadas en objetos que funcionen como espejo con elementos interactivos sobre el reflejo del niño pueden imitar las estrategias actuales que los terapeutas siguen durante las terapias sensoriales y de espejo.

³⁸ Para más información ver capítulo III, sección: 3.2.2 Problemas y estrategias.

4.2.1.2 Elementos de motivación o enfoque en la terapia

Nuestros resultados indican que los individuos con autismo pierdan el interés o la atención durante las terapias de consciencia corporal. Principalmente por la falta de elementos interactivos en el reflejo que muestra el espejo. Aunado a esto, las características de la cámara sensorial no permiten que el niño se enfoque en su reflejo, por lo que no pueden tener la retroalimentación necesaria para asociar sus movimientos con su cuerpo.

Tomando en cuenta las estrategias actuales se concluyó que el sistema debe integrar estímulos visuales (*e.g.*, colores fuertes, o luminosos), y estímulos auditivos (*e.g.*, uso de sonidos) para atraer la atención del niño durante la terapia.

Se identificó también que los psicólogos frecuentemente utilizan pelotas para enfocar al niño en la terapia. Se observó que las propiedades de este objeto son adecuadas para permitir que los niños con autismo utilicen diferentes tipos de interacción (*e.g.*, botar, lanzar, patear, mover). Además, actúan como un reforzador de atención y entretenimiento porque a los niños les agrada jugar con ellas.



Figura 17. Idea de diseño para modo de interacción con pelota.

4.3 Diseño del sistema SensoryPaint

Tomando estas ideas de diseño se realizaron diferentes bocetos (ver Figura 17) que ilustran como una superficie interactiva en forma de espejo permite a los usuarios pintar en paredes usando diferentes pelotas combina los estímulos visuales y audibles, y de movimientos que

se requieren en las terapias sensoriales. Las pelotas harán la función de los pinceles, las cuales pueden ser de diferentes tamaños y texturas. Y el sonido se ajusta con el movimiento de las pelotas. Para interactuar con SensoryPaint el niño podrá: (a) mover la pelota para dibujar una trayectoria, (b) arrojar o patear la pelota para crear “efectos de dibujo” como manchas de pintura (“soplas”) que se dibujarán en el punto donde hace contacto la pelota con la pared, y (c) controlar los sonidos cada vez que mueva la pelota o arroje la pelota a la pared. A continuación revisitamos la historia de usuario de Víctor para ejemplificar como SensoryPaint puede integrarse a las terapias sensoriales para conciencia corporal.

4.3.1 Escenario de Uso

Mientras Víctor utiliza SensoryPaint, su imagen se proyecta en una superficie interactiva como una sombra para proporcionarle “bio-retroalimentación”. La terapeuta Bela le entrega pelotas de diferentes texturas y colores que funcionan como brochas para dibujar en la superficie interactiva. Víctor intenta tomar una pelota y comienza a llorar cuando siente las texturas. Bela avienta la pelota hacia la pared para animar a Víctor. Víctor imita la acción y avienta la pelota. La trayectoria de la pelota se dibuja en la pared, y un “splash” es dibujado en el punto de contacto entre la pared y la pelota. Cuando Víctor observa el “splash”, toma otra pelota y la mueve de un lado a otro. Cuando Víctor mueve la pelota una línea se comienza a dibujar en la pared. Entonces Víctor estrella la pelota contra la pared y pinta otro “splash”. Víctor comienza a reír. Víctor cambia de color de pelota y ahora el color de la línea también cambia. Después de media hora de terapia, Víctor termina su sesión del día.

4.4 Implementación de SensoryPaint

Ya que la metodología de diseño que se utilizó implica un proceso iterativo, se implementó una primera versión de SensoryPaint, la cual permitió realizar algunas demostraciones a los expertos. Las observaciones, comentarios y varias sesiones de diseño, se obtuvo una versión final de SensoryPaint. A continuación se describe cada una de estas versiones más a detalle.

4.4.1 Primera versión de SensoryPaint

Se realizó un grupo focal en donde se mostró la primera versión de SensoryPaint (ver Figura 18.a) a dos psicólogos y un experto en cómputo ubicuo e IHC. La principal

retroalimentación que se obtuvo fue en relación a los elementos interactivos asociados a la sombra sugiriendo agregar un espejo debajo de la sombra para proporcionar esa información realista que el niño necesita.



Figura 18 (a) Primera versión de SensoryPaint. En esta versión solo se proyecta la sombra de niño. (b) Versión final de SensoryPaint. Se proyecta la imagen RGB del niño debajo de la sombra pintada del niño.

Por esta razón se decidió proyectar la imagen RGB completa del niño para simular el espejo. La idea ahora es que el contorno del niño se pinte de un cierto color dependiendo de la profundidad a que se encuentre con respecto a la pared de proyección (ver Figura 18.b).

4.4.2 Componentes físicos de SensoryPaint

SensoryPaint utiliza dos controles “Kinect” (ver Figura 19.A): el “Kinect” frontal y trasero. El “Kinect” frontal tiene dos funciones: la primera es formar la sombra sobre el reflejo proyectado del niño, por medio de la cámara de profundidad. La segunda función es detectar el movimiento de la pelota por medio de la cámara RGB. El control “Kinect” trasero se utiliza para detectar cuando la pelota hace contacto con la pared y de esta manera dibujar el efecto de “splash”.

Se utiliza una PC (ver Figura 19.B) en la cual se ejecuta el algoritmo de detección de objetos de SensoryPaint. Este algoritmo tiene como entrada la información de los controles “Kinect” y la procesa para obtener la información de la posición de la pelota. Para desplegar la imagen de salida se utiliza un proyector y altavoces para los efectos de sonido (ver Figura 19.C).

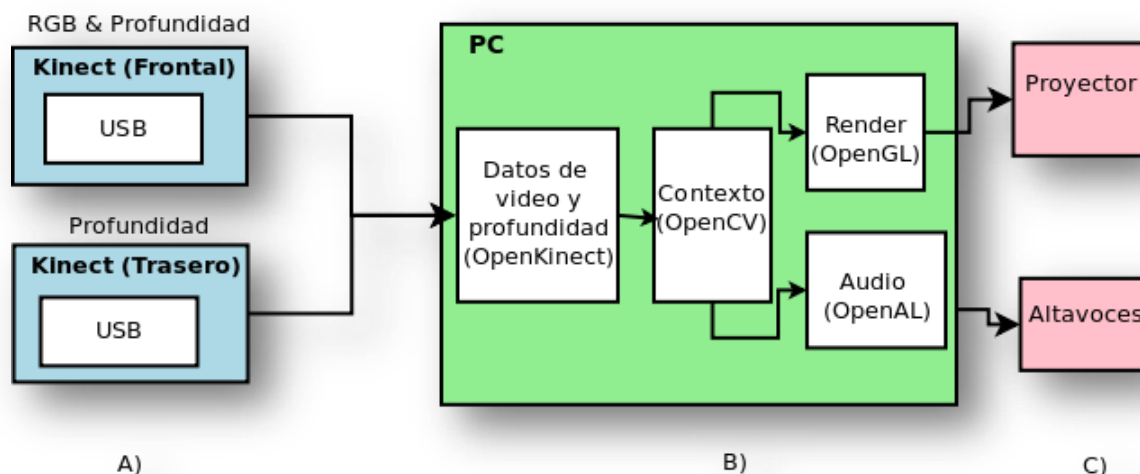


Figura 19. Arquitectura del sistema SensoryPaint. (A) SensoryPaint hace uso de dos controles “Kinect”, los cuales transmiten la información de video y profundidad por medio del puerto USB hacia una PC. (B) Una PC con sistema operativo Linux, ejecuta el algoritmo de detección de objetos con la información que proporcionan los controles Kinect. (C) La información de audio y video que se procesa en la PC tienen como dispositivos de salida un proyector y altavoces.

4.4.3 Arquitectura del sistema

Se implementó SensoryPaint mediante el uso del control “Kinect”³⁹. El algoritmo para el reconocimiento de objetos, hace uso de la biblioteca para visión artificial “OpenCV”⁴⁰; “OpenGL”⁴¹ para el “renderizado” de imágenes 2D, y “OpenAL”⁴² para ajustar un audio multicanal.

Este algoritmo está basado en una arquitectura en capas (ver Figura 19.B). La capa más baja (OpenKinect) se encarga del control de los kinect y de generar el flujo de datos de video y profundidad que es enviado al subsistema <<contexto>>, para esto se utilizó la biblioteca libre “libfreenect”⁴³. La capa de detección de contexto se encarga de la extracción de la detección de color utilizando “OpenCV”. El detector de contexto determina si se efectuó un movimiento de la pelota y en base a esto administrar los sonidos mediante el subsistema <<Audio>>. Para la parte de “renderizado” de las imágenes, el subsistema <<render>> continuamente redibuja la escena.

³⁹<http://www.xbox.com/es-MX/Kinect>. Controlador de video juegos desarrollado por Microsoft que incorpora una cámara RGB y una cámara de profundidad.

⁴⁰<http://opencv.org/>. OpenCV es una biblioteca libre de visión artificial.

⁴¹<http://www.opengl.org/>. OpenGL es una biblioteca orientada a la renderización de imágenes 3D y 2D.

⁴²<http://www.openal-soft.org/>. OpenAL es una biblioteca que permite generar fuentes de sonido virtuales con soporte multicanal y en tres dimensiones.

⁴³http://openkinect.org/wiki/Main_Page. Libfreenect, es una biblioteca libre para el control de kinect en Linux, Mac, o Windows. Fue desarrollada por la comunidad de OpenKinect,

4.4.3.1 Subsistema contexto

Este subsistema es responsable de identificar el movimiento de la pelota, cuando la pelota hace contacto con la superficie y detectar cuando el niño se desenfocó de la terapia. A continuación se describe su funcionamiento.

4.4.3.1.1 Seguimiento de la pelota

La detección de la pelota se realizó en base al color y su forma de la pelota. Primero se transforma el modelo de color de la imagen que se extrae de la cámara “Kinect”, de un modelo RGB a un modelo HSV. Después, se segmenta la imagen HSV haciendo uso de una técnica de umbralización basada en color (Bradski & Kaehler, 2008). Se extraen los pixeles que corresponden al color de la pelota en el modelo HSV (*e.g.*, azul en el modelo de color RGB en el caso de la figura 20.a). Esto se realiza a través de un umbral⁴⁴ $X = [\text{mincolor}, \text{maxcolor}]$, que compara cada valor de pixel de la imagen y verifica que esté dentro de este rango (ver Figura 20.b). Después, se obtiene una imagen binaria con un valor de 0xff para los pixeles que están dentro del umbral y 0 en cualquier otro caso (ver Figura 20.c). Posteriormente se reduce el ruido aislando los puntos que representan ruido (ver Figura 20.d).



Figura 20. Algoritmo para la detección de color de la pelota. (a) Imagen RGB original; (b) cambio a modelo de color HSV; (c) se extrae el color por técnica de umbralización; (d) se elimina el ruido; (e) se almacena la posición de la pelota y se dibuja la trayectoria.

Se utilizaron operaciones morfológicas (Bradski & Kaehler, 2008; Haralick, Sternberg, & Zhuang, 1987) para reducir el ruido; la operación “erode” (ver Ecuación 1), para eliminar las pequeñas “manchas” que no corresponden con el objeto, y después se aplicó la

⁴⁴Se desarrolló una aplicación que permite encontrar estos umbrales. (ver Apéndice 8).

operación “dilata” (ver Ecuación 2), para conectar los puntos aislados de la imagen del objeto.

$$\text{erode}(x,y) = \min \text{src}(x+x',y+y') \quad (1)$$

$$\text{dilata}(x,y) = \max \text{src}(x+x',y+y') \quad (2)$$

Donde x' , y' son puntos que pertenecen al “kernel” utilizado. El “kernel” puede ser un cuadrado o un disco sólido. Para éste caso se utilizó un “kernel” rectangular.

Una vez que se redujo el ruido de la imagen binaria, se calcula el centroide⁴⁵ de la pelota, y posteriormente se almacena su posición para determinar donde pintar la línea. Para esto se calculó la posición del centroide de la pelota calculando el momento de la imagen binaria definido como:

$$m_{p,q} = \sum_{i=1}^n I(x,y)x^p y^q. \quad (3)$$

Donde la función $I(x,y)$ es el valor de intensidad del pixel en la posición (x,y) . Entonces el centroide $C(X_c, Y_c)$ es dado por:

$$X_c = m_{1,0}/m_{0,0} \quad (4.1)$$

$$Y_c = m_{0,1}/m_{0,0} \quad (4.2).$$

Donde m_{00} es el área de la pelota. De esta manera se calcula el centro de la imagen de la pelota y se almacena para formar el trazo de color (ver Figura 20.e). Para inferir si existe una variación en la posición de la pelota simplemente se verifica que:

$$x - x_{\text{past}} = \Delta x > 0, \quad (5.1)$$

$$y - y_{\text{past}} = \Delta y > 0 \quad (5.2)$$

Donde $C_{\text{past}}=(X_{\text{past}}, Y_{\text{past}})$ y $C=(X,Y)$ son las posiciones de los centroides anterior y actual de la pelota, respectivamente.

Sin embargo un pequeño desplazamiento, no implica que el niño esté interactuando con la pelota; para determinar que existe esta interacción se consideró que:

$$\|C - C_{\text{past}}\| > \alpha \quad (6)$$

⁴⁵El centroide es el centro de simetría de una figura geométrica.

es decir, la distancia entre la posición anterior y actual de la pelota debe ser mayor a una cantidad *alfa*. Donde *alfa* es un umbral de desplazamiento, que indica que cuando menos el niño debe de desplazar la pelota una cantidad *alfa* para considerar que el niño está interactuando con la pelota.

4.4.3.1.2 Detección de objetos con cámara de profundidad

Se utilizó la cámara de profundidad del control “Kinect” para detectar cuando la pelota hace contacto con la pared y para mostrar la sombra del usuario. La cámara de profundidad manda un flujo de datos de las distancias entre del control “Kinect” y el objeto más cercano. Cada pixel en la imagen usa 16 bits; 13 de ellos contienen la información de la distancia expresado en milímetros. Se utilizó una resolución de 640X480 pixeles a una frecuencia de 30 FPS (Borenstein, 2012; Jean, 2012).

Esta información nos permite crear la imagen de la sombra del niño. Para esto se analizan los valores de los pixeles de la imagen. Entonces según el valor de la distancia se asocia un color (ver Figura 21). Posteriormente esta imagen de profundidad toma como una capa por el subproceso <<render>>, (descrito a continuación), y se sobrepone a la imagen RGB.

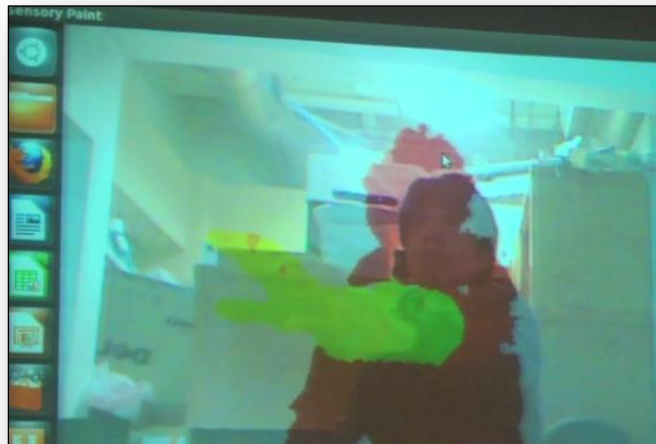


Figura 21. Sombra con color sobre la imagen RGB.

Para identificar el punto donde la pelota hace contacto en el plano de proyección, se realiza un barrido de cada frame del control “Kinect” trasero. Esto se hace para identificar los objetos que están más cercanos a la pared. Entonces se busca un conjunto de pixeles cuyo valor de profundidad cumplan con la siguiente regla:

```
if(pixelData[i,j]>=lowSplash and pixelData[i,j]<=hiSplash)
```

```
Then store [i,j]
```

Donde *lowSplash* y *hiSplash* son rangos que dependen de la distancia de la cámara respecto a la pared de proyección (Kramer, Parker, Herrera, Burrus, & Echtler, 2012). Después se almacena la posición (x,y) de pixel para posteriormente dibujar la imagen de splash sobre este punto (ver Figura 22).



Figura 22. Proceso para la detección de la pelota cuando hace contacto sobre la superficie.

Si solo se aplica la regla anterior, cualquier objeto que esté dentro de este rango dispararía el efecto de “splash” lo que aumentaría la cantidad de falsos positivos del sistema. Para evitar esto, se establece que si el detector de contexto no detecta cierta variación en la posición de la pelota, el efecto de “splash” no se activa, de esta forma este efecto solo ocurre cuando el niño arroja la pelota.

4.4.3.2 Subsistema render y audio

El “renderizado” de la escena se hace mediante la biblioteca “OpenGL” mediante un subproceso llamado <<render>> el cual se ejecuta en un hilo independiente que continuamente está dibujando la imagen del sistema (Shreiner & others, 2009).

La imagen final de salida está formada por ocho imágenes en capas que son sobrepuestas una sobre otra. A continuación se presenta la secuencia de “rendereizado” de la imagen.

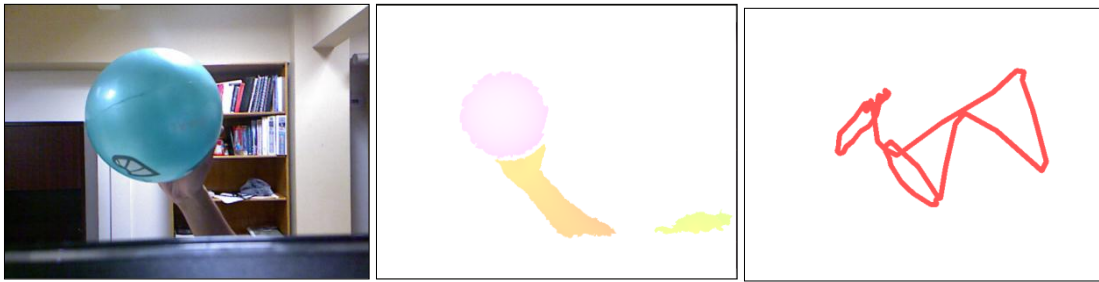


Figura 23. (C1) Imagen RGB de la escena. (C2) Sombra del usuario formada por cámara de profundidad. (C3) Trayectoria de pelota 1.

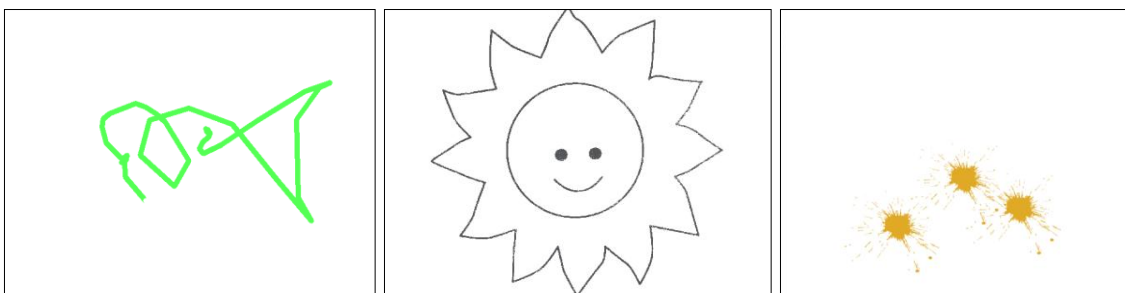


Figura 24. (C4) Trayectoria de pelota 2. (C5) Capa designada a “renderizar” imágenes del libro de colorear y figuras geométricas. (C6-C8) Se utilizan tres capas para el efecto de “splash”, una para cada “mancha”.

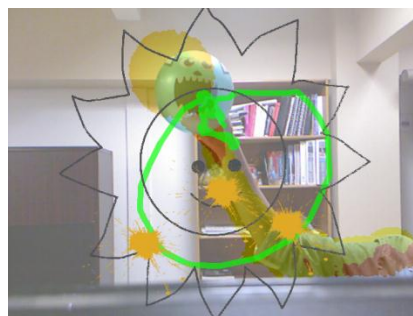


Figura 25. Imagen final de SensoryPaint.

Por otra parte la administración del audio se realizó mediante la biblioteca “OpenAL”. En este caso se requirieron dos fuentes de sonido, una para el efecto de campanas que se ejecuta cada vez que la pelota está en movimiento y la segunda para generar el sonido de “splash” para cuando la pelota hace contacto contra la superficie de proyección. Las dos fuentes de audio se ejecutan en subprocesos diferentes para evitar que se interrumpa un sonido con el otro.

4.5 Resumen y conclusiones

En este capítulo se describieron los métodos de diseño que se utilizaron para el desarrollo del sistema SensoryPaint.

El sistema SensoryPaint se diseñó en base a los resultados del estudio contextual (capítulo III) y siguiendo una metodología de diseño centrada en el usuario, el cual incluyó sesiones de diseño participativo con estudiantes, diseñadores y expertos en el área que ayudaron a definir los requerimientos y los principios de diseño.

El sistema SensoryPaint es un ambiente interactivo que imita la funcionalidad de un espejo para proporcionar la “bio-retroalimentación” necesaria para que el niño tome conciencia de su cuerpo. Además incorpora el uso de pelotas para motivar al niño al movimiento y enfocarlo en la terapia aprovechando sus formas de interacción (*i.e.*, botar, lanzar, patear, mover).

El algoritmo de SensoryPaint hace uso de técnicas de visión por computadora para identificar el movimiento de la pelota mediante el reconocimiento de su color, para ello se utilizó la biblioteca de visión “OpenCV”. Para el “renderizado” de las imágenes se utilizó la biblioteca “OpenGL” que es una API para la generación de gráficos 2D y 3D. Finalmente para el “rederizado” del sonido, se hizo uso de la biblioteca “OpenAL” con la cual se generaron las fuentes de audio para los efectos de sonido de campanas para el caso del movimiento de la pelota y el sonido de “splash” para el caso cuando la pelota hace contacto con la superficie de proyección.

Capítulo 5. Evaluación

5.1 Introducción

En este capítulo se muestran los resultados de la evaluación del sistema SensoryPaint incluyendo un estudio en laboratorio y un estudio en sitio. El estudio de laboratorio se realizó para probar el desempeño del sistema, principalmente del algoritmo de detección de objetos que se utiliza, y el estudio en sitio se realizó para evaluar el impacto del sistema en la práctica diaria. En la primera sección, se discuten los resultados que se obtuvieron del estudio en laboratorio, en donde se realizaron evaluaciones de desempeño al algoritmo de detección de objetos del sistema, y evaluaciones de usabilidad bajo cierta configuración del sistema (*i.e.*, la posición y altura de las cámaras y proyector). Posteriormente en la segunda sección, se describe el diseño de la evaluación en sitio y la metodología que se utilizó para cada estudio se muestra y se discuten los resultados que se obtuvieron. Por último se muestra un resumen y las conclusiones del capítulo.

5.2 Estudio en laboratorio

Previo al estudio en sitio se realizaron diferentes pruebas al sistema SensoryPaint mediante un experimento controlado. Los objetivos del experimento fueron: (A) evaluar el desempeño del algoritmo, es decir, si el algoritmo es capaz de detectar los objetos (*i.e.*, pelotas) variando algunas de sus propiedades (*i.e.*, tamaño y color); (B) conocer la percepción de utilidad y uso del sistema de los participantes. Estos resultados ayudaron a definir los parámetros que posteriormente se utilizaron en el estudio en sitio.

5.2.1 Participantes

El experimento se realizó con una muestra formada por estudiantes de maestría en ciencias de la computación (n=10), con edades que oscilaban entre los 23 hasta los 32 años, 7 de ellos de sexo masculino, además de un niño de 9 años de edad con autismo de media funcionalidad. Puesto que se tenían pocos participantes, se escogió un paradigma de experimento “intra-sujeto” (within -subject)⁴⁶.

Con esta muestra de estudio fue posible obtener una retroalimentación más especializada acerca del diseño y usabilidad del sistema.

⁴⁶ Este paradigma de experimento consiste en exponer a los sujetos de prueba a todas las condiciones experimentales.

5.2.2 Configuración del sistema

Para este estudio de laboratorio la configuración del sistema SensoryPaint (ver Figura 26) fue la siguiente: dos controles Kinect, una de ellas se ubicó a 0.4m de altura de frente al usuario (cámara delantera) y la segunda (cámara trasera) se ubicó en la parte posterior al usuario, a 3.5m de distancia de la pared de proyección y a 2.75m de altura. El proyector se ubicó a 3m de altura y a 4m de distancia respecto de la pared de proyección. La cámara trasera al niño detecta los lanzamientos de la pelota hacia la pared, mientras que la cámara delantera detecta el movimiento de las pelotas y la profundidad del niño con respecto a la cámara (ver capítulo IV).

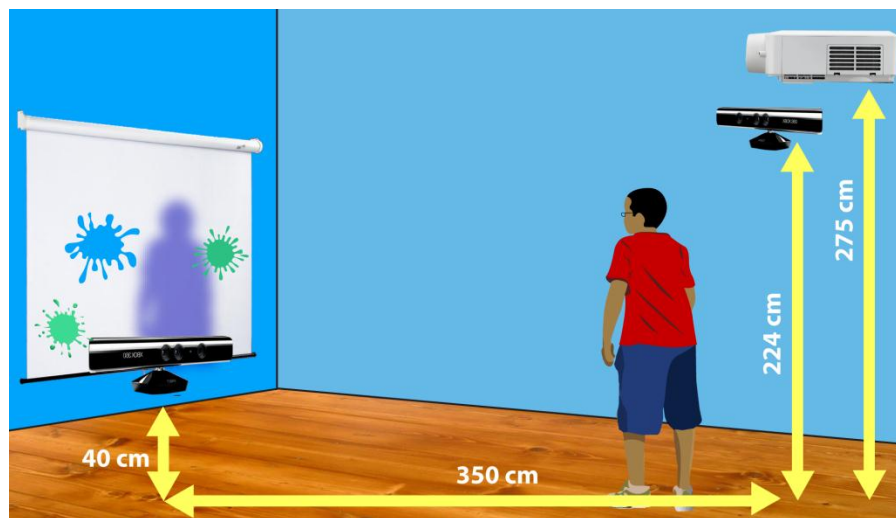


Figura 26. Configuración del sistema SensoryPaint.

Para que la sombra del niño no interfiera con la imagen proyectada es necesario que el proyector se encuentre a una mayor altura que la del niño. Dadas las condiciones del lugar se colocó el proyector a una altura de 2.75m.

5.2.3 Actividades de los participantes

Se realizaron dos actividades con los participantes del estudio. La primera actividad permitió medir las veces que el sistema detectó correctamente el efecto de “splash” con tres tamaños de pelota diferentes (*i.e.*, chica, mediana, grande).

La actividad consistió en hacer aparecer un blanco (*i.e.*, “target”) en tres posiciones diferentes (*i.e.*, centro, derecha, izquierda). El participante debía lanzar una pelota sobre el target 20 veces con cada uno de los tres tamaños de pelota, por lo que el total de tiros por sesión fue 60. Esta actividad se repitió para cada uno de los tres tamaños de pelota. Este

“target” aparecía cada 5 segundos, tiempo suficiente para que el participante levantara la pelota y la volviera a tirar (ver Figura 27).

Cabe mencionar que la única intención del “target” es motivar al usuario a tirar la pelota, ya que el objetivo de la prueba no es medir si existe una correlación directa entre la posición de la mancha y la posición donde impactó la pelota sobre la superficie, si no simplemente medir si el algoritmo detecta o no la pelota dependiendo de su tamaño, es decir, verificar si el algoritmo es invariante al tamaño de la pelota y de no ser así, seleccionar el tamaño más adecuado para realizar la prueba en sitio.



Figura 27. Prueba de rendimiento del algoritmo

La segunda actividad consistió en mostrar a los participantes diferentes figuras geométricas (*i.e.*, rectángulo, círculo, cuadrado). Para cada una de estas figuras los participantes dibujaron el contorno de las figuras por medio del trazo que generaba el movimiento de la pelota. El propósito de esta prueba fue encontrar si el color y tamaño de la pelota afecta en el desempeño del algoritmo en relación a la detección de las pelotas, ya que la detección del objeto depende completamente de la capacidad del algoritmo para extraer el color y forma del objeto (ver Figura 28).



Figura 28. Prueba de rendimiento para el trazo de SensoryPaint.

5.3 Colección de datos

Para el caso de la primera actividad, dos observadores (ver Figura 29) capturaron mediante observación directa:

- el número de veces que el participante arrojó la pelota al target y el sistema lo detectó (verdadero positivo, ver tabla 3),
- el número de veces que el participante no arrojó la pelota y el sistema detectó la pelota (falso positivo),
- el número de veces que el participante arrojó la pelota y el sistema no detectó la pelota (falso negativo).
- y el número de veces en que el participante no arrojó la pelota y el sistema no detectó la pelota (verdadero negativo).

Tabla 3. Matriz de confusión.

Verdadero positivo	Falso negativo
Falso positivo	Verdadero negativo

Para realizar este conteo se llenó un formato para cada uno de los participantes (ver Apéndice 4). Esta actividad tuvo una duración aproximada de 20 minutos y cada sesión fue video-grabada para su análisis posterior.



Figura 29. Observador contabilizando lanzamientos y participante jugando al tiro al blanco con pelota de tamaño grande.

Para la segunda actividad solo se verificó que el participante completara el contorno de cada una de las tres figuras con los tres tamaños de pelotas y dos colores (*i.e.*, verde y rojo). Se tomó nota de las observaciones que se realizaron sobre el desempeño del algoritmo al variar el color y tamaño de la pelota.

Al finalizar las dos actividades, se aplicó un cuestionario y se realizó una entrevista estructurada a cada uno de los participantes. El cuestionario consistió de 21 preguntas cerradas el cual está basado en el modelo TAM⁴⁷, para medir utilidad y facilidad de uso (ver Apéndice 5). Y los temas de la entrevista incluyeron aspectos relacionados con la percepción de utilidad y uso del sistema.

⁴⁷ El Modelo de Aceptación de la Tecnología o TAM (por sus siglas en inglés: Technology Acceptance Model) es un modelo que trata de predecir como los usuarios aceptan y utilizan una tecnología.

Una sección del cuestionario estaba dedicada a la parte de utilidad donde se les preguntaron aspectos como: ¿el sistema SensoryPaint me permite ver mi sombra, me facilita identificar mis movimientos? Otra sección del cuestionario estaba dedicada a preguntar aspectos relacionados con la facilidad de uso como: ¿considero que el sistema SensoryPaint es de fácil uso para mí? Por último se tomaron citas de las entrevistas realizadas en relación a la utilidad y a la facilidad de uso para apoyar a los resultados cuantitativos de la entrevista realizada, así como para obtener nuevas ideas de diseño que se pudieran incorporar al sistema.

5.3.1 Análisis de datos

Con la información que se obtuvo de los lanzamientos que se realizaron se formó una matriz de confusión donde se muestra el porcentaje de verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos para cada una de los tamaños de las pelotas (ver Tabla 4).

En el caso de la segunda actividad, se analizaron las grabaciones de video y las observaciones hechas durante el estudio y se comparó el desempeño del algoritmo con los tres tamaños de pelota y los dos colores. Se buscó alguna diferencia en la forma de la línea y que tanto control tenía el participante sobre el trazo cuando se utilizaba cada una de las pelotas.

5.4 Resultados

5.4.1 Desempeño del algoritmo

En la tabla 4 se muestra la matriz de confusión que resultó del estudio. Las columnas “Lanzamiento” y “No lanzamiento” se refieren a las acciones que realiza el participante, es decir, si el participante lanzó o no la pelota. Mientras que los renglones “Splash” y “No splash” se refieren a lo que el algoritmo estimó, es decir, si el algoritmo estimó “splash” o “no splash”. Lo que se busca es que cada elemento de la diagonal para cada uno de los tamaños de pelota sea del 100%. Como se puede observar en la matriz de confusión (tabla 4), el sistema es sensible al tamaño de la pelota. Cuando se utiliza la pelota pequeña, el número de falsos positivos es de apenas el 5%, sin embargo, el sistema solo detecta el 43.75% de los lanzamientos efectuados. Por otra parte, cuando se utiliza la pelota grande, el

94.5% de los lanzamientos son detectados sin embargo se tiene un 58.75% de falsos positivos.

En base a estos resultados, el tamaño de pelota más apropiado para el sistema es el mediano, ya que el sistema detectó el 81.55 % de los tiros que se hicieron, además de que solo detectó un 12.25% como un “splash” cuando no lo era.

Tabla 4. Matriz de confusión para el desempeño del algoritmo de SensoryPaint.

	Pelota Chica		Pelota Mediana		Pelota Grande	
	Lanzamiento	No Lanzamiento	Lanzamiento	No Lanzamiento	Lanzamiento	No Lanzamiento
Splash	43.75%	5%	81.5%	12.25%	94.5%	58.75%
No Splash	56.25%	95%	18.5%	87.5%	5.25%	56.26%

Durante el desarrollo del experimento se pudo detectar que la altura de los participantes impactaba en el desempeño del algoritmo. Al realizar el análisis se encontró que los participantes con una altura de entre 1.50m y 1.70m obtuvieron unos 30% más de verdaderos positivos que los participantes de más altura.

Esto se debe en gran parte a la altura a la que se coloca el control Kinect trasero y a su ángulo de elevación. Sin embargo estos resultados muestran que es adecuado para la altura de los niños bajo esta configuración del sistema.

En cuanto a los resultados que se obtuvieron de la segunda actividad se encontró por una parte que el sistema es sensible al tamaño de la pelota, ya que para el 100% de los participantes, el sistema no fue capaz de detectar la pelota de tamaño chico , sin embargo no tuvo dificultades para detectar la pelota mediana y grande.

Esto se debe a que el sistema depende más que del color de las pelotas, de las condiciones de iluminación del ambiente. Por esta razón existe un compromiso entre la iluminación del lugar y la calidad de la imagen proyectada ya que si la iluminación es pobre se dificulta la detección de la pelota sin embargo la imagen proyectada es nítida y viceversa.

También fuentes de luz como lámparas, focos generan cambios de color muy bruscos que ocasiona que en ciertas regiones del espacio el sistema no detecte a la pelota.

5.4.2 Usabilidad y percepción de utilidad

Los resultados del cuestionario y la entrevista en relación a la utilidad y facilidad de uso mostraron que la mayoría de los participantes encontró a SensoryPaint “atractivo y fácil de usar”. Consideraron que era “intuitivo” y que se aprende fácilmente la manera en que se usa el sistema ya que la mayoría de ellos no necesitan de la ayuda de los investigadores a cargo.

“Lo encuentro [SensoryPaint] bastante intuitivo, solo necesito arrojar o botar la pelota y [SensoryPaint] reacciona a esta interacción” (participante 1)

Los participantes encontraron atractivo a SensoryPaint (8/10) y encontraron diferentes maneras de interactuar con el sistema, sobre todo les gustaba dibujar.

Sin embargo, la mayoría de los participantes (9/10) comentó que habían estado más conscientes de su cuerpo y sus movimientos cuando realizaron la prueba de las figuras geométricas.

“Cuando dibujo [con SensoryPaint] estoy más consciente de mis movimientos, porque como se mueve la pelota [en la imagen de la proyección] me doy cuenta que se sale [del contorno] de la figura y es necesario equilibrar la pelota” (participante 3)

Este punto es interesante ya que lo que se busca son actividades que mantengan al usuario enfocados en sus movimientos por medio de los objetos (*i.e.*, pelotas).

5.5 Estudio en sitio

En esta sección se muestran los resultados que se obtuvieron de la evaluación que se realizó en sitio del sistema SensoryPaint. Este estudio se realizó en el centro de Rehabilitación Integral (CRI) de la ciudad de Ensenada B.C.

Para este estudio en sitio se tomaron en cuenta los resultados del estudio de laboratorio como: el tamaño de pelota, la posición y altura de las cámaras. También se tomaron en cuenta parámetros físicos como la iluminación del lugar.

El objetivo de este estudio fue evaluar:

- Si el modelo de interacción sugerido mejora la conciencia corporal y si puede ser incorporado en las terapias de integración sensorial para niños con autismo.
- Medir el impacto en los aspectos sensoriales y de conciencia corporal de niños con autismo al utilizar superficies interactivas con el modelo de interacción sugerido.

Se desea medir también el tiempo de atención del niño con la terapia con y sin el sistema SensoryPaint, ya que es un aspecto relevante cuando se habla de niños con autismo y sistemas interactivos.

5.5.1 Metodología del estudio en sitio

Se utilizó la metodología de diseño experimental de sujeto simple o AB (Kazdin, 2011). Éste método está compuesto por dos fases, la primera de ellas que es llamada línea base, que es en la cual se expone a los participantes del estudio a un estado (A), que en este caso corresponde a una típica terapia sensorial. Posteriormente se genera un estado (B) a los mismos participantes, a esta fase se le llama intervención y es en la cual se introduce la tecnología.

Esta metodología permite comparar el impacto de la tecnología sobre los participantes del estudio. Durante las dos fases se realizó observación no participativa y entrevistas semanales a los padres de familia, psicólogas y a uno de los niños de la muestra de estudio. Por el número de participantes, el paradigma de la evaluación de este estudio fue “intra-sujeto” (within-subject).

5.5.1.1 Participantes

La muestra para este estudio consistió de 4 niños con autismos de baja, media y alta funcionalidad (ver Tabla 5). Para conducir las terapias de manera adecuada, la evaluación estuvo bajo la supervisión de 2 psicólogas del CRI.

Tabla 5. Muestra de estudio para evaluación del sistema.

Niño	Edad	Funcionalidad
M	12	Alta
D	3	Media
A	9	Media
N	5	Baja

Para el tipo de análisis que se realizó, que posteriormente se explica a detalle, fue necesario video-grabar a los participantes del estudio. Para realizar esta actividad se pidió la autorización de los padres de familia mediante un formato de consentimiento (ver Apéndice 6).

5.5.1.2 Configuración del sistema

La configuración del sistema que se utilizó en la prueba de laboratorio presentó un buen desempeño con participantes con una altura menor a los 1.70 m, por lo que se decidió utilizar esta misma configuración para la estudio en sitio, dada la altura de los niños.

Para poder llevar esta misma configuración del sistema al CRI, se diseñó una estructura especial que permitiera mantener las mismas medidas que en el laboratorio. En la figura 30 se muestra la estructura que se utilizó.



Figura 30. Estructura de madera utilizada en el estudio en sitio.

5.5.1.3 Actividades de los participantes

Dado que se siguió una metodología de diseño de sujeto simple (AB), metodología comúnmente utilizada para evaluar cambios de comportamiento, la evaluación constó de dos fases: línea base e intervención.

5.5.2 Línea base

En esta fase los niños asistían a la terapia de espejo tradicional (Condición A). Las terapias se llevaron a cabo en la cámara sensorial con un espejo de 2m de alto X 1.20m de ancho.

Tomando en cuenta la prueba de laboratorio, se utilizaron pelotas de tamaños parecidos a las que se utilizaron en dicha prueba y de distintos colores. Las terapeutas realizaron actividades dependiendo del grado de funcionalidad del paciente y su historia clínica, por ejemplo, para el niño de alta funcionalidad las terapeutas jugaban a “simón dice” (ver Figura 31); la idea de esta actividad es que el niño se observe el espejo mientras que la terapeuta le indica que partes del cuerpo debe mover y en qué orden. Otras de las actividades, fueron: lanzar la pelota hacia un objetivo, botar pelota intercalando manos y atrapar la pelota. Estas últimas actividades además de fortalecer su conciencia corporal, también se utilizan para mejorar aspectos motrices.



Figura 31. Participante del estudio durante una terapia de línea base.

5.5.3 Intervención

En esta fase del estudio se implantó el sistema SensoryPaint (Condición B). Las actividades que se realizaron fueron las mismas que se realizaron en la línea base, (*i.e.*, simón dice, tirar la pelota, mover la pelota, botar la pelota, (ver Figura 32.a)). Posteriormente las psicólogas encontraron otros modos de uso al sistema, por ejemplo: una de las terapeutas tomaba por la espalda a uno de los niños (*i.e.*, terapeuta sombra), el niño tomaba la pelota y la terapeuta le movía las manos y le decía: “Arriba, abajo”.

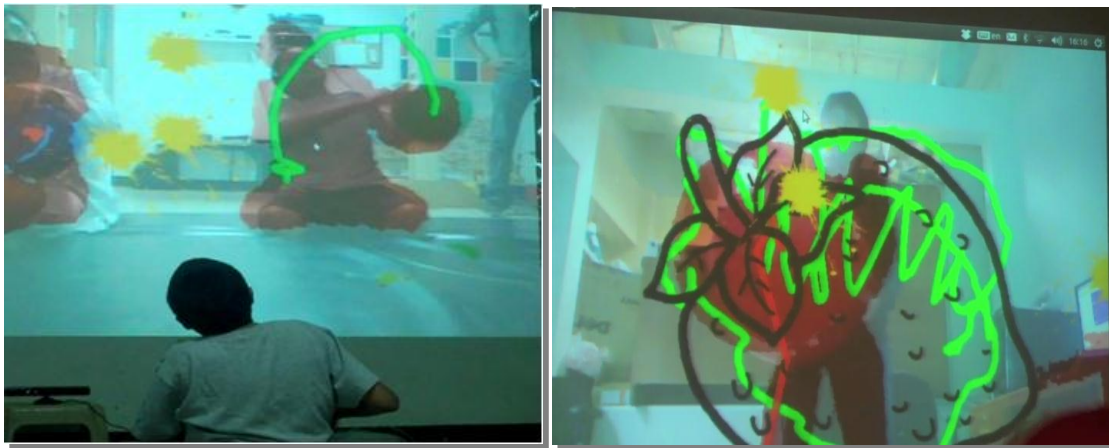


Figura 32. (a) Participante dibujando con la pelota utilizando SensoryPaint durante la terapia de espejo. . (B) Modo de libro de colorear de SensoryPaint.

En base a la experiencia del estudio de laboratorio se modificó la idea de la figuras geométricas por otro tipo de figuras, de esta forma se integro la actividad del libro de colorear en donde el niño tiene que seguir el contorno de figuras como: una fresa, un sol, una estrella. Esto con el fin de apoyar a incrementar las habilidades motrices finas y gruesas, además de hacer la actividad más divertida (ver Figura 32.b).

5.5.4 Colección de datos

5.5.4.1 Línea base

La línea base tuvo una duración de 9 días, en las cuales se llevaron a cabo 3 terapias por día con una duración promedio de 25 minutos. Se video-grabo cada sesión en dos ángulos diferentes. Una cámara se colocó frente al niño, esto con la finalidad de capturar sus expresiones faciales y corporales. La segunda cámara se colocó detrás del niño con la intención de grabar la interacción del niño con las pelotas y la proyección del sistema.

Al final de la línea base se obtuvieron 675 minutos de grabación equivalentes a 11.25 hrs. (Ver Tabla7), que posteriormente fueron utilizados para la realización del análisis. Además entre padres de familia, psicólogos y un niño, se realizaron 5 entrevistas con una duración promedio de 20 minutos dando un total de 100 minutos de grabación de audio (Ver Tabla 6)

5.5.4.2 Intervención: Uso de la tecnología

La intervención tuvo una duración de 12 días, durante las cuales se realizaron entrevistas semanales a padres de familia, psicólogas y a un niño con autismo de alta funcionalidad.

Con los datos de estos informantes se obtuvieron un total de 12 entrevistas con una duración promedio de 20 minutos para obtener una duración total de 240 minutos (Tabla 6).

De igual forma que en la línea base, se realizaron 3 terapias de aproximadamente 25 minutos, por lo que se tuvo un total de 15 hrs., de video-grabación realizada en dos ángulos (*i.e.*, frontal y posterior al niño), (ver Tabla 7).

Tabla 6. Tiempo total de entrevistas por participante

Duración de entrevistas por participante			
Participante	Rol	Línea Base	Intervención
Jana	Psicóloga	1(40 minutos)	2(40 minutos)
Joana	Psicóloga	N/A	2(40 minutos)
Lilo	Madre de familia	1(40 minutos)	2(35 minutos)
Martín	Padre de familia	1(40 minutos)	2(40 minutos)
Bella	Madre de familia	1(40 minutos)	2(40 minutos)
Lu	Madre de familia	N/A	2(35 minutos)
M	Alta funcionalidad	1(10 minutos)	1(10 minutos)

Tabla 7. Tiempo total de observación por participante

Tiempo de Observación en estudio en sitio			
Participante	Rol	Línea Base	Intervención
M	Alta funcionalidad	8(200 minutos)	12 (250 minutos)
D	Media funcionalidad	6(150 minutos)	9 (200 minutos)
A	Media funcionalidad	6(150 minutos)	12 (250 minutos)
N	Baja funcionalidad	8(200 minutos)	12 (250 minutos)

5.5.5 Análisis de los datos

Se siguió un método mixto para analizar los datos incluyendo técnicas de análisis cualitativo para analizar la información de entrevistas, y técnicas cuantitativas para analizar los videos.

5.5.5.1 Análisis cualitativo

El análisis cualitativo involucró el uso de diagramas de afinidad y técnicas de código selectivo para identificar patrones emergentes en las entrevistas que se realizaron tanto a padres de familia como a psicólogas, (Ver capítulo III).

5.5.5.3 Análisis cuantitativo

Para el análisis cuantitativo se utilizó el método de análisis secuencial basado en eventos (Event-Lag, (Bakeman, 1997)), que consiste en analizar cada uno de los videos capturados de acuerdo a un esquema de codificación que se define previamente y que contiene los eventos a codificar. El esquema de codificación⁴⁸ (ver Apéndice 7) se diseñó tomando como base el “Sistema de evaluación, valoración y planeamiento de programa” (AEPS) para infantes y preescolares (Bricker & Babinsky, 1998), que es un instrumento que se utiliza para medir seis dominios: Motriz grueso, Motriz fino, cognoscitivo, social, adaptativo y de comunicación social. En particular el esquema de codificación que se utilizó mide las siguientes categorías:

- El tiempo que dura el niño enfocado en la terapia
- Problemas de comportamiento (*i.e.*, El número de rabietas, gritos, llanto)
- Tiempo que estuvo expuesto a los estímulos sensoriales (*e.g.*, Visual, auditivo, táctil)
- El número de ayudas que recibió el niño para llevar a cabo la terapia (*e.g.*, Verbales, físicas, gestual)
- Tiempo que el niño pone atención a su reflejo

Utilizando el esquema de codificación, en cada uno de estos videos se buscan eventos que son de relevancia para el estudio (*e.g.*, el tiempo en que un niño bota la pelota o el número de veces que el niño llora durante la terapia). El tiempo de duración o la frecuencia de estos eventos, se registran en una bitácora.

En la figura 33 se muestra un ejemplo de registro, una bitácora que muestra la codificación de un video de un día para un solo participante.

⁴⁸ El esquema de codificación es un documento que describe las categorías y sub categorías que describen el fenómeno que se desea estudiar.

Informant	Role	DayObsv	Time	DIF	Attention	Interacción	MAN	EST. SEN	M. FINO	M. GRUESO	EMOCIÓN	AYUDA	CONSCIENCIA
Noa	E	1	00:00:03	00:00:05	ONT	IPE	NONE	OEA			NUL	NONE	NCON
			00:00:08	00:00:04	ONT	IPE	NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:00:12	00:00:05	ONT	IPE	NONE	OEV			CON	NONE	CON
			00:00:17	00:00:05	ONT	IPE	GRI	OET			CON	NONE	CON
			00:00:22	00:00:10	ONT	IPE	NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:00:32	00:00:04	ONT	IPE	MMA	OEA			CON	NONE	CON
			00:00:36	00:00:14	ONT	IPE	NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:00:50	00:00:24	ONT	IPE	NONE	OEV			CON	NONE	CON
			00:01:14	00:00:06	ONT	IPE	NONE	OET			CON	NONE	CON
			00:01:20	00:00:10	ONT	IPE	NONE	OEA		LPE	CON	NONE	CON
			00:01:30	00:00:03	ONT	IPE	MMA	OEA		LPE	CON	NONE	CON
			00:01:33	00:00:18	ONT	IPE	NONE	OEA		LPE	CON	NONE	CON
			00:01:51	00:00:04	ONT	IPE	NONE	OEV		LPE	CON	NONE	CON
			00:01:55	00:00:03	OFT	IPE	BRI	OEA			CON	NONE	CON
			00:01:58	00:00:09	OFT	IPE	NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:02:07	00:00:08	OFT	IPE	MMA	OEA			CON	NONE	CON
			00:02:15	00:00:04	OFT	IPE	NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:02:19	00:00:09	ONT	IPE	NONE	OEV			CON	NONE	CON
			00:02:28	00:00:09	ONT	IPE	NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:02:37	00:00:06	OFT	IPE	NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:02:43	00:00:13	ONT	IPE	NONE	OET		LPE	CON	NONE	CON
			00:02:56	00:00:04	ONT	IPE	MMA	OEA			CON	NONE	CON
			00:03:00	00:00:07	OFT	IPE	NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:03:07	00:00:45	ONT	IPE	NONE	OEV		SBLAN	CON	NONE	CON
			00:03:52	00:00:05	ONT	IPE	BRI	OEA			CON	NONE	CON
			00:03:57	00:00:05	ONT	IPE	NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:04:02	00:00:20	ONT	IPE	NONE	OEA		LPE	CON	NONE	CON
			00:04:22	00:00:17	ONT	IPE	NONE	OEA			ASO	NONE	CON
			00:04:39	00:00:03	ONT	IPE	NONE	OEV		LPE	CON	NONE	CON
			00:04:42	00:00:05	OFT	IPE	BRI	OEA			CON	NONE	CON
			00:04:47	00:01:07	ONT		NONE	OEA		LPE	CON	NONE	CON
			00:05:54	00:00:28	OFT		NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:06:22	00:00:17	ONT	IPE	NONE	OET		LPE	CON	NONE	CON
			00:06:39	00:00:03	ONT	IPE	BRI	OEA			CON	NONE	CON
			00:06:42	00:00:59	OFT		NONE	OEA			CON	NONE	CON
			00:07:41	23:52:19	ONT	IPE	NONE	OET			CON	NONE	CON

Figura 33. Bitácora de codificación de video para un participante.

5.5.5.3 Validación del esquema de codificación

Para evaluar la fiabilidad que de este esquema de codificación, dos personas codificaron el mismo video por separado utilizando el mismo esquema de codificación. Posteriormente se calculo el “Alfa de cronbach” (Cronbach, 1951), que es un coeficiente que es utiliza en el área de la psicometría para cuantificar la fiabilidad de una escala de medida de una cantidad que no se puede observar explícitamente (*e.g.*, Conciencia corporal), pero que se hace indirectamente a través de n variables observables (*e.g.*, Tiempo que el niño observa su reflejo, tiempo de interacción con su sombra). En este caso el valor de alfa fue igual a $r=0.993868$, por lo cual se tiene una fiabilidad alta ya que se aproxima bastante a 1. Esto indica que existe una correlación alta entre ambas codificaciones, además nos asegura que el código es suficientemente fiable como para que sea utilizado para evaluar por cualquier otra persona.

Para calcular la significancia estadística de los datos se realizó una prueba t de Wilcoxon (Wilcoxon, 1945) que es una prueba no paramétrica (*i.e.*, No depende del tipo de distribución de la muestra). Se decidió utilizar una prueba no paramétrica, debido a que durante el desarrollo del estudio, la duración de las terapias fue variada, ya que en ocasiones los padres de familia no llegaban a tiempo, lo cual indica una distribución diferente a la normal. Por ésta misma razón, en las gráficas se reporta el porcentaje del tiempo transcurrido en la terapia.

5.5.5.4 Tiempo de atención y enfoque en la terapia

Para medir el tiempo de atención en las terapias, se contabilizó el tiempo efectivo en el cual el niño interactuaba con los elementos del sistema (i.e., pelotas, sonido, sombra del niño). En el momento en que el niño interactuaba con otros elementos de la cámara sensorial o comenzaba con algún problema de comportamiento (e.g., Llanto, rabietas), se consideraba que el niño estaba desenfocado de la terapia.

5.5.5.5 Conciencia corporal y funcionalidad Motora

La conciencia corporal se asoció al tiempo en que el niño está atento a los movimientos de su cuerpo. Para ello se sumó el tiempo en el cual el niño interactuaba con la imagen de su sombra (e.g., mover las manos, mover la pelota, observar su cuerpo u observar el cambio de color de la sombra).

5.6 Resultados

5.6.1 Tiempo de atención y enfoque en la terapia

En la siguiente gráfica (ver Figura 34), se muestra el porcentaje del tiempo de atención por niño cuando se lleva a cabo una terapia típica, contra el uso de SensoryPaint. En promedio al utilizar SensoryPaint los niños estuvieron atentos a la terapia un 5.87 % más del tiempo que con la terapia tradicional de espejo. Sin embargo al aplicar la prueba t de Wilcoxon para una $\alpha=0.05$, no se pudo encontrar una diferencia significativa entre las dos muestras (($T \leq t$) $T=33$, $t=31$ $p=0.38$), lo que indica que al menos el sistema mantiene la atención de igual manera que la terapia tradicional.

De manera particular se puede observar que el tiempo de atención aumentó con el uso del sistema, incluso para el caso del niño N, (de baja funcionalidad), ya que aumentó de un 34% a un 35%, solo en el caso del niño D disminuyó de 52% a un 48%.

Este efecto se puede atribuir de forma parcial, a la capacidad que presenta SensoryPaint para balancear el compromiso que existe entre el nivel de “engagement” (i.e., el nivel de compromiso y entusiasmo que muestra el niño hacia el sistema) y la eficacia de la terapia (i.e., lograr que el niño identifique sus movimiento de su cuerpo). En la literatura se ha reportado que cuando se favorece al “engagement” generalmente el nivel de eficacia es bajo (Hernandez et al., 2012).

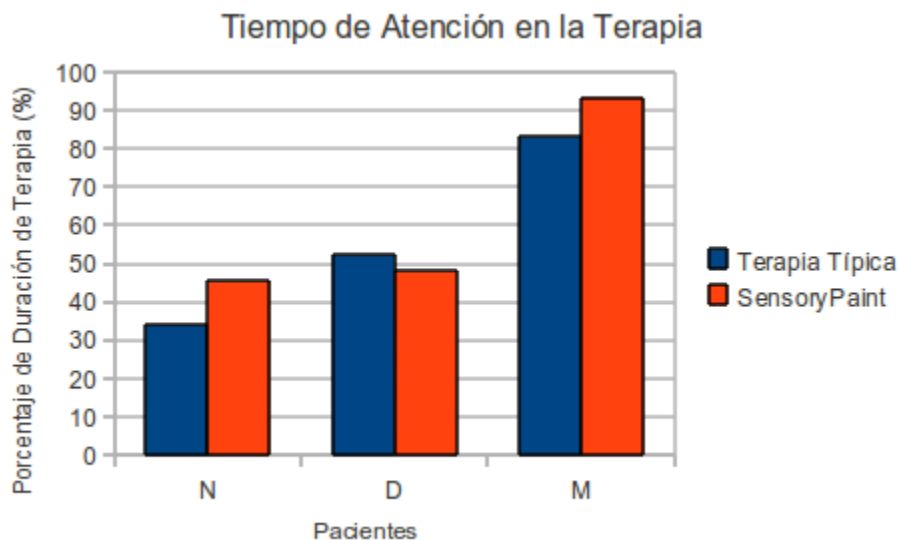


Figura 34. Tiempo de atención en la terapia.

Por otra parte, la percepción de las terapeutas es que con SensoryPaint el tiempo de atención a la terapia es mayor que con las actividades tradicionales de la terapia de espejo. Las terapeutas inclusive resaltaron características del sistema SensoryPaint que a su juicio incrementan la atención, incluyendo la interactividad de los elementos y la combinación del uso de medios físicos con digitales.

“[SensoryPaint] llama más la atención de los niños que el espejo, porque en el espejo solo de se quedan parados ahí y después lo dejan, y con [SensoryPaint] los niños se quedan frente a [SensoryPaint] más tiempo y se mueven mas” (Joan, psicóloga)

Aunque los datos cuantitativos muestran que no hubo una diferencia significativa en cuanto al tiempo de atención en la terapia se refiere, la percepción de las psicólogas es que con el sistema SensoryPaint se puede utilizar como una herramienta que les puede apoyar a que los niños enfoquen su atención en las terapias de espejo.

“más que nada me gustaría utilizar SensoryPaint para la atención, por lo que los niños prestan más atención con [SensoryPaint]” (Jana, psicóloga)

5.6.2 Conciencia corporal y funcionalidad motora

El objetivo principal de las terapias de conciencia corporal (*e.g.*, la terapia de espejo) es que el paciente observe sus movimientos para que de esta manera comience a asociar sus movimientos con su cuerpo. Una de las dificultades que presentan las terapias tradicionales

de espejo, es la falta de interés por parte del paciente para observar su reflejo. SensoryPaint se diseñó con “elementos interactivos” que brinda a los niños que lo usan, cierta retroalimentación visual de los movimientos de su cuerpo (ver Figura 35).



Figura 35. Retroalimentación visual de los movimientos del cuerpo.

Como se puede observar en la gráfica (ver Figura 36), el tiempo de atención a los movimientos del cuerpo aumentó para los tres casos (terapia típica de espejo: 59%; SensoryPaint: 66%; ($T \leq t$) $T=11$, $t=13$). El caso más dramático es para el niño N, ya que en la línea base, la atención a sus movimientos con el espejo fue casi nula, en cambio con SensoryPaint aumentó a un 30%

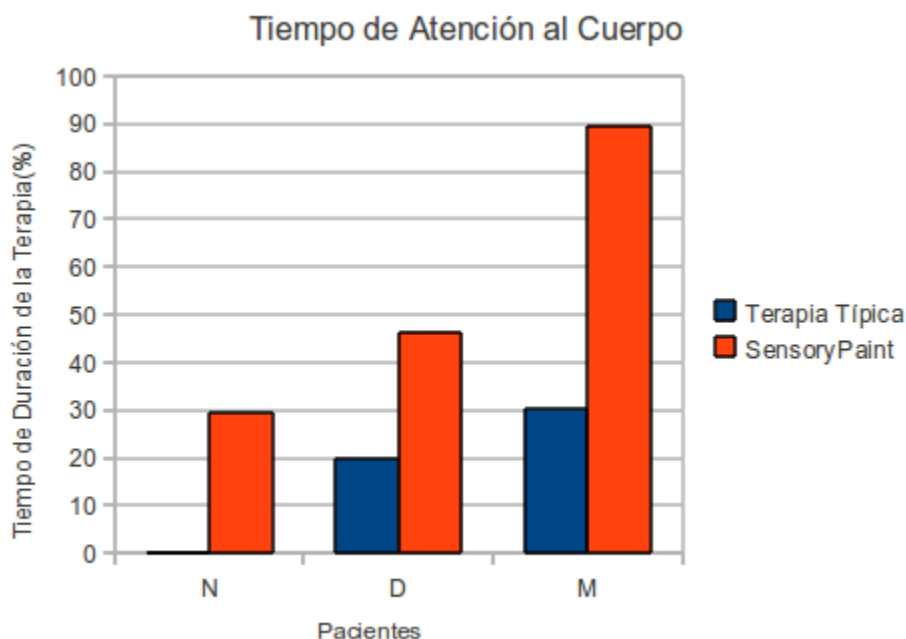


Figura 36. Tiempo de atención a los movimientos corporales.

En este caso la prueba estadística confirma que existe una diferencia significativa para una $\alpha=0.05$. Esto por una parte confirma el hecho de que el sistema SensoryPaint aumenta el tiempo de atención al cuerpo, por otro parte indica que, aunque el tiempo de atención es el mismo que en las terapias tradicionales utilizando el espejo, la mayor parte de este tiempo el paciente está observando sus movimientos, lo cual es uno de los objetivos de las terapias de espejo.

También desde la perspectiva de las psicólogas el sistema SensoryPaint apoyó a los niños a fijar su atención en sus movimientos por medio de la sombra del niño.

“Se dan cuenta de su cuerpo. Ahora reconocen su propio cuerpo, porque ellos pueden distinguir cuando ellos [los niños] se mueven. Ellos mueven su pierna y pueden ver que [su pierna] se mueve enfrente de ellos [Sobre la pared de proyección], ellos están más conscientes” (Joana, psicóloga)

Una de las características de diseño del sistema SensoryPaint es el uso de pelotas ya que, el juego con pelota es una estrategia que fomenta la interacción del niño con la terapeuta, lo que ayuda al niño a distinguir su propio cuerpo de los demás.

Por medio de estos objetos el niño tiene la opción de generar trazos, generar manchas sobre la pared de proyección (*i.e.*, Splash), y controlar ciertos sonidos al mover la pelota. En la

siguiente gráfica (ver Figura 37) se muestra la comparativa entre el estímulo táctil (*i.e.*, Tiempo de interacción con pelotas) y el tiempo de atención a los movimientos de cuerpo. En el caso promedio, utilizando SensoryPaint, la cantidad de tiempo de estimulación táctil (44.42%) fue casi igual que el tiempo de atención a la terapia (57.23%). La atención, para el caso de la terapia típica de espejo fue de 16.33% y para el caso de estimulación táctil fue de 40.8%. Lo que muestra que el uso de pelotas (*i.e.*, estímulo táctil) puede estar relacionado con la atención a los movimientos del cuerpo.

En particular para el caso del niño N, no fue de su interés jugar con pelotas. Sin embargo, tanto las terapeutas como su mamá sí utilizaron las pelotas para llamar la atención del niño.

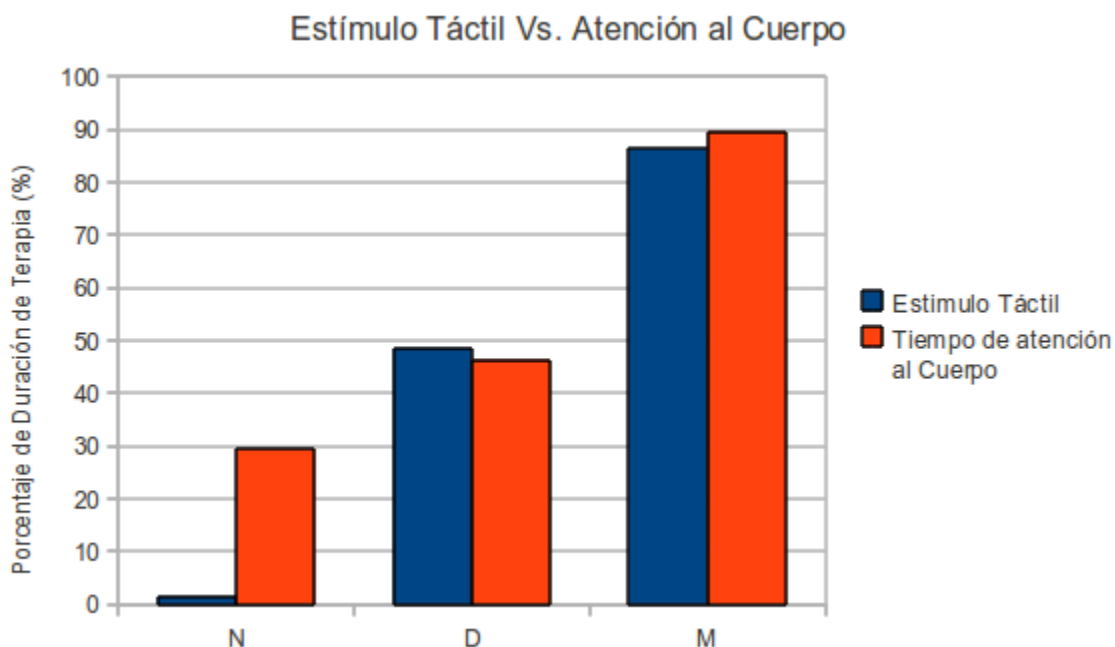


Figura 37. Comparativa entre el tiempo de interacción con pelotas (Estímulo táctil), y el tiempo de atención al cuerpo.

En el caso de los otros dos niños, la interacción con pelotas casi va de la mano con el tiempo de atención al cuerpo. Cabe mencionar que en ciertos momentos el niño D, prefería observarse en la proyección a interactuar con las pelotas.

En este sentido las terapeutas utilizaron el sistema para apoyar el conocimiento del cuerpo aislando las partes del cuerpo por medio de los trazos de colores.

“... si yo digo al niño: ‘cabeza’ y yo encierro la cabeza del niño por medio de un trazo en la proyección. O le pregunto: ¿Donde está Noa?, y luego lo encierro en un circulo” (Joana, psicóloga)

Por otro lado, el modo de interacción “Splash” (*i.e.*, Arrojar la pelota) fue de los que más se utilizó en la fase intervención de estudio por parte del niño D y M. A pesar de que el niño D tiene 3 años de edad le gustaba arrojar la pelota sobre la pared. Según el niño M es lo que más le gusta del sistema

“...lo que más me gusta de [SensoryPaint] es hacer “splash” [refiriéndose a lanzar la pelota] y también su sonido. Me parece divertido” (niño M, autismo de alta funcionalidad)

Algo interesante que hay que resaltar es que se debe de personalizar este modo de interacción a las necesidades de cada niño, ya que la mamá de uno de los niños comentó que ésta interacción reforzó en el niño la conducta de arrojar cosas en su casa. Sin embargo para otros niños, les apoyó a mejorar ciertas habilidades motrices.

“... mi esposo me comentó que el niño ahora patea mejor la pelota y le pega mejor a la pelota de tenis. Antes de [SensoryPaint] el niño se caía muy seguido al jugar con la pelota” (Lilo, padre de familia)

“Ahora él puede tirar la pelota con una mano por ejemplo. Antes de [SensoryPaint] el necesitaba las dos para tirarla.”(Jana, psicóloga)

5.6.3 Habilidades sensoriales

El objetivo de las terapias sensoriales es que el paciente integre los estímulos sensoriales de su alrededor y como responde a ellos. En este sentido se evaluó cómo SensoryPaint impactó en las habilidades de los niños.

Según los padres de familia (n=2) pudieron notar cambios en otros aspectos sensoriales como el auditivo, el olfato, o el gusto que son diferentes a la conciencia corporal o la motricidad. Los padres de familia atribuyen estos cambios a SensoryPaint.

“Lo que es evidente para mi es que si mejoró sus habilidades sensoriales. [...]. Lo que me he dado cuenta también es que el ruido de los insectos ya no le molesta más, siempre que estaba volando [por ejemplo] una mosca en su habitación se ponía a llorar o se tapaba los oídos. Este comportamiento no lo tiene más” (Lilo, padre de familia)

En primera instancia, estos resultados pueden indicar que SensoryPaint mejora las habilidades sensoriales de los niños, pero es difícil asegurar que estos efectos sean resultado del uso de SensoryPaint, por lo que es necesario que se realice un estudio más riguroso que permita saber si el uso de este sistema afecta a otros sentidos (*e.g.*, auditivo). Hubo otros resultados que se pueden asociar directamente con el uso de SensoryPaint, por ejemplo tanto terapeutas como padres de familia comentaron que después de que el niño usó SensoryPaint, los niños parecían estar más calmados y relajados.

“Cuando [el niño] llega a la terapia él se encuentra inquieto, después de la terapia él está más relajado, aun después de un rato él se encuentra relajado.”(Bella, padre de familia)

“solo SensoryPaint y la playa tienen este efecto en el [el niño]” (Marley, padre de familia)

Este efecto se pudo observar claramente, ya que por lo general los niños llegaban a la terapia muy hiperactivos, y después de un momento de interactuar con SensoryPaint, era mucho más sencillo llevar a cabo la terapia. Al terminar la terapia por lo general los niños se ponían a jugar en el parque de juegos pero de manera muy ordenada y tranquila –lo cual no es común en niños con autismo.

5.6.4 Socialización

Se pudo detectar que SensoryPaint también afectó en la parte social del niño. Aunque SensoryPaint en un principio sólo estaba diseñado para ser utilizado por los niños, los pacientes y terapeutas lo utilizaron de manera conjunta. Esto permitió que la terapia fuera más dinámica y divertida para los niños, por lo que apoyó a terapias de tipo social.

Una de la maneras en que las terapeutas utilizaban el sistema fue dando instrucciones a los niños (*e.g.*, “... Avienta la pelota roja”). Este tipo de ayudas verbales ayudó a que el niño aumentara su vocabulario y permitió una mayor interacción entre la terapeuta y niño.

“He visto que [SensoryPaint] ha ayudado al niño a que interactúe más con la gente y con los niños” (Lilo, padre de familia)

“si ahora el niño ha aprendido palabras nuevas como: pelota, rojo, verde. También ahora sabe pedir la pelota por ejemplo dice: dame la pelota por favor” (Jana, psicóloga)



Figura 38. El uso de SensoryPaint facilita la socialización entre terapeuta y niño.

De esta forma se observó que SensoryPaint apoyó a que los niños aprendieran nuevos protocolos de socialización como: esperar su turno para participar, o seguir instrucciones que las terapeutas les daban.

“Por ejemplo con Mat, si le digo que dibuje un sol, él lo hace; con Aidan yo tengo que decirle primero como se hace y después el lo hace” (Jana, psicóloga)

Por otra parte hay evidencia de que SensoryPaint ayudó a los niños a integrarse a un grupo social, ya que les agradaba asistir a las terapias, puesto que se sentían cómodos con las personas del lugar (ver Figura 38).

“A él le gusta venir aquí [a las terapias], el lo siente como si fuera a pasar el rato o algo así, ya que a él le cuesta mucho trabajo la socialización, el siente que ha mejorado sus habilidades sociales”

5.7 Resumen y conclusiones

En este capítulo se mostraron los resultados de los diferentes estudios donde se evaluó al sistema SensoryPaint. En primera instancia se mostraron los resultados de un estudio de laboratorio donde se evaluó el desempeño de SensoryPaint, principalmente la configuración del sistema y el desempeño del algoritmo. Se encontró que el tamaño de la pelota afecta en la detección de la pelota para generar el efecto de “splash”. La pelota de tamaño mediano fue la más adecuada para el sistema con un 82% de verdaderos positivos y un 87% de verdaderos negativos. Otro de los parámetros que afectan en este sentido es la altura del participante ya que el sistema detectó mejor los tiros efectuados por participantes con una altura por debajo de los 1.70m, lo que muestra que es adecuado para el uso de los niños. Esto va en relación a la configuración del sistema ya que la altura del control “Kinect” trasero y su ángulo de inclinación impactan en la detección de pelota para el efecto de “splash”.

Para la detección de la pelota, se encontró que el tamaño también es un parámetro que se tiene que cuidar, ya que el sistema no pudo detectar de manera adecuada la pelota de tamaño chico, mientras que el sistema no tuvo problemas en detectar los tamaños de pelota mediano y grande.

Un aspecto muy importante que se debe de tener en cuenta para la detección de la pelota son las condiciones de iluminación del lugar. Fuentes de iluminación como lámparas, focos o el mismo proyector generan cambios de color muy bruscos, por lo que en ciertas zonas el sistema pierde la ubicación de la pelota.

Posteriormente se presentaron los resultados obtenidos del estudio que se realizó en el Centro de Rehabilitación Integral (CRI). Para el cual se utilizó una metodología de diseño experimental de sujeto simple, el cual consistió de dos fases: línea base e intervención.

En base a estos resultados se pudo encontrar que el sistema SensoryPaint al menos mantiene la atención del niño de igual manera que la terapia tradicional de espejo. La diferencia radica en que se dedica un mayor porcentaje de atención a los movimientos del cuerpo, para el caso de SensoryPaint, que en el caso de la terapia tradicional de espejo.

Mediante las entrevistas a los padres de familia se encontró que existe una necesidad de que el sistema sea personalizable, por ejemplo el efecto de “splash” fomentó en un niño una

conducta no deseada (*e.g.*, arrojar cosas en su casa), mientras que para otros apoyó a sus habilidades motrices (*e.g.*, patear la pelota, o aventar una pelota).

Se encontró también que existe un compromiso entre lo que es arrojar la pelota (“splash”) y mover la pelota (dibujar) ya que los participantes, tanto de la prueba de rendimiento como del estudio en sitio, encontraron más divertido arrojar la pelota que dibujar, sin embargo cuando arrojaban la pelota no se percataban de sus movimientos a diferencia de cuando dibujaban con la pelota. Por lo que se requiere diseñar nuevas actividades que por una parte sean divertidas sin distraer al niño de los movimientos de su cuerpo.

Durante el estudio se pudo observar que el sistema SensoryPaint fue adoptado por los usuarios en un modo colectivo, tanto los niños como las psicólogas interactuaban con el sistema y entre ellos mismos, lo que aumentó las habilidades sociales de los niños.

Capítulo 6

6.1 Conclusiones

En este trabajo de tesis se describió el proceso de diseño, implementación y evaluación de SensoryPaint, un sistema interactivo que explora cómo el cómputo tangible, y en particular las superficies interactivas, pueden apoyar a las terapias de integración sensorial para niños con autismo. Los resultados indicaron que el modelo de interacción basado en movimiento y en objetos apoya tanto a niños como a terapeutas a cumplir con los objetivos de las terapias sensoriales, en particular con las relacionadas con problemas de conciencia corporal. Por otra parte se mostró una manera diferente de enfocar al niño en la terapia, que brinda la posibilidad de que aprendan nuevas habilidades motrices, sociales y de lenguaje.

Para el diseño de SensoryPaint se realizó un estudio contextual siguiendo una metodología interactiva de diseño centrado en el usuario el cual se llevó a cabo en el Centro de Rehabilitación Integral (CRI) de la ciudad de Ensenada B.C. Este estudio se realizó con la finalidad de encontrar las estrategias usadas por los terapeutas durante las terapias sensoriales y de conciencia corporal, y los problemas que enfrentan para desarrollarlas.

Dentro de las problemática encontradas, fueron de particular interés dos: los problemas relacionados con la falta de conciencia corporal, y los problemas de atención y enfoque en las terapias.

La terapia de espejo es la estrategia que se utiliza para atacar los problemas de conciencia corporal ya que proporcionan una retroalimentación visual de los movimientos del niño por medio de su reflejo. Y las terapias sociales como los juegos de pelota también apoyan a esta problemática, ya que le permiten al niño interactuar con otros niños, y distinguir su cuerpo del de otros.

Por otra parte, para enfocar al niño en las terapias de espejo, se utilizaron distintos tipos de objetos de la cámara sensorial como: objetos de colores fuerte, luminosos o con diferentes texturas. El uso de sonidos agudos o “brillantes” es un recurso que también es usado para estimular al niño en este tipo de terapias.

Las estrategias actuales se transformaron en ideas de diseño que fueron discutidas en sesiones de diseño participativo con especialistas y usuarios potenciales. Estas sesiones de diseño nos ayudaron a conceptualizar y diseñar el sistema SensoryPaint. SensoryPaint es un ambiente multi-sensorial el cual permite a los niños pintar, de manera virtual, trazos de

colores sobre una proyección de espejo. Los modos de interacción que soporta SensoryPaint son: (a) mover la pelota para dibujar una trayectoria, (b) arrojar o patear la pelota para crear “efectos de dibujo” como manchas de pintura (“splash”) que se dibujan en el punto donde hace contacto la pelota con la pared, (C) generar sonidos cada vez que mueva la pelota o arroje la pelota a la pared, y (D) elementos interactivos sobre la sombra del niño. El sistema SensoryPaint tiene algunas actividades programadas las cuales tienen objetivos específicos como dibujar contornos de figuras geométricas que SensoryPaint muestra de manera aleatoria (*e.g.*, círculo, rectángulo), u otro tipo de figuras las cuales el niño puede pintar (*e.g.*, fresa, sol, estrella) como si fuera un libro de colorear, o jugar al “tiro al blanco” con las pelotas.

Los componentes físicos del sistema SensoryPaint incluyen dos controles “Kinect” (*i.e.*, frontal y trasero), una PC y proyector. El algoritmo que se desarrolló, utiliza técnicas de visión por computadora para la detección y seguimiento de la pelota. La información de las cámaras de profundidad que incorpora el control “Kinect”, se utilizan para formar la “sombra” del niño y para la detección de la pelota cuando hace contacto con la pared.

Se realizó una prueba de laboratorio donde se evaluó el desempeño el algoritmo de SensoryPaint. Los resultados indicaron que el algoritmo es sensible al tamaño de pelota que se utiliza, tanto para la detección y seguimiento como para la detección de la pelota cuando hace contacto con la pared y generar el efecto de “splash”.

En el caso de la detección de la pelota para generar el efecto de “splash”, se encontró que la pelota de tamaño mediano fue la más adecuada para el sistema. Otro de los parámetros que afectan en este sentido son: la altura a la que se coloca el control “Kinect” trasero así como su ángulo de inclinación. Ésta configuración del sistema limita la altura de los usuarios, por ejemplo cuando el control “Kinect” trasero se encuentra a una altura de 2.20 m SensoryPaint responde mejor a personas con una altura menor a 1.70m.

Para la detección de la pelota con la cámara de profundidad para generar el efecto de “splash”, el algoritmo no fue capaz de identificar las pelotas de tamaño chico; en el caso de las pelota grande el número de verdaderos positivos fue grande (*i.e.*, 95%), sin embargo, debido al tamaño de la pelota el algoritmo identificaba más de una vez la pelota, obteniendo así un 58% de verdaderos negativos. El tamaño de pelota que resultó más adecuado fue el mediano, a pesar de que porcentaje de verdaderos positivos fue de 82% se obtuvieron buenos resultados en la prueba en sitio.

Para el seguimiento de la pelota por medio de la cámara RGB, el algoritmo no pudo detectar de manera adecuada la pelota de tamaño chico, mientras que el sistema no tuvo problemas en detectar los tamaños de pelota mediano y grande. En cuanto al seguimiento de la pelota se puede decir que el correcto funcionamiento del algoritmo depende tanto de las condiciones de iluminación como del tamaño de la pelota. El tamaño de la pelota afecta en el sentido de que si el objeto es pequeño, al momento de eliminar el ruido se pierde información del objeto y el sistema no puede determinar su centro geométrico.

Las condiciones de iluminación del lugar, son otro factor que impactan en el algoritmo para el reconocimiento de la pelota. Fuentes de iluminación como lámparas, focos o el mismo proyector generan cambios de color muy bruscos, por lo que el color que toma el objeto en ciertas zonas no entra dentro del rango de color que previamente se estableció, por lo que algoritmo no es capaz de reconocer al objeto.

Tomando en cuenta los tamaños de pelota, las posiciones de los controles “Kinect”, y las condiciones de iluminación, se consideró que el sistema SensoryPaint era lo suficientemente robusto como para realizar una evaluación en sitio.

El estudio en sitio se realizó durante 5 semanas en el CRI, el cual incluyó a 4 niños con autismo de baja, media y alta funcionalidad. En este estudio se comparó las terapias típicas de espejo, con el uso de SensoryPaint. Los resultados mostraron que el sistema SensoryPaint al menos mantiene la atención del niño de igual manera que la terapia tradicional de espejo. La diferencia radica en que, con el uso de SensoryPaint, los niños dedican un mayor porcentaje de su tiempo de atención a los movimientos de su cuerpo, que en la terapia tradicional de espejo.

Mediante las entrevistas a los padres de familia se encontró que existe una necesidad de que el sistema sea personalizable, por ejemplo el efecto de “splash” fomentó en un niño una conducta no deseada (*e.g.*, arrojar cosas en su casa), mientras que para otros apoyó a sus habilidades motrices (*e.g.*, patear la pelota, o aventar una pelota).

Se encontró también que existe un compromiso entre arrojar la pelota (“splash”) y mover la pelota (dibujar) ya que los participantes, tanto de la prueba de rendimiento como del estudio en sitio, encontraron más divertido arrojar la pelota que dibujar, sin embargo cuando arrojaron la pelota no se percataron de sus movimientos a diferencia de cuando dibujaron con la pelota. Lo que es deseable es diseñar nuevas actividades en las cuales se

puede balancear este nivel de compromiso (*e.g.*, cuando se arroja la pelota) con la atención y el enfoque del niño sobre su cuerpo (*e.g.*, observar su sombra con color).

También existe un compromiso entre el nivel de estimulación (*e.g.*, auditiva) y el tiempo de atención a sus movimientos corporales, por ejemplo a algunos niños les gusta mucho el sonido que genera SensoryPaint cuando se mueve la pelota, sin embargo dejan de poner atención a su reflejo.

Los resultados también indican que SensoryPaint puede ser de utilizado para ayudar a fortalecer otro tipo de habilidades que están relacionadas con la conciencia corporal como: motricidad, lenguaje y socialización.

6.2 Limitaciones

El sistema SensoryPaint presenta, en su versión actual, algunas limitaciones:

- **Dos colores de pelota.** La versión actual de SensoryPaint sólo detecta dos colores diferentes de pelota, lo que implica implementar un nuevo algoritmo con técnicas de programación más avanzadas que permita el uso de más colores.
- **No es personalizable.** Los padres de familia y psicólogos en general opinan que los sonidos, los colores de los trazos y las imágenes para colorear son elementos que se deben de ajustar de acuerdo a las características y gustos de los niños.
- **No es ajustable el nivel de dificultad de las actividades.** Actualmente el nivel de dificultad de las actividades no se ajusta al nivel de funcionalidad del niño. Por una parte las actividades como tiro al blanco o el libro de colorear son adecuadas para los niños con autismo de alta funcionalidad, sin embargo para los de media o baja funcionalidad no es una actividad que comprendan fácilmente.
- **Dificultades para ajustar los umbrales.** Determinar los umbrales para la detección de color requiere de la ejecución de un programa externo. Una vez que se encuentran estos umbrales, se requiere modificar el código fuente del programa. Esto dificulta la configuración del sistema para una persona que no sea experta en área de la computación.
- **Iluminación del lugar.** El sistema SensoryPaint es muy sensible al tipo de iluminación del lugar en donde se va a instalar, por lo que es necesario desarrollar

un sistema de iluminación adecuado para el sistema o aplicar otras técnicas de visión por computadora que resuelvan estas dificultades.

6.3 Aportaciones

- Se desarrolló SensoryPaint el cual es un sistema que explora cómo el cómputo tangible, en particular las superficies interactivas, apoyan a las terapias sensoriales para niños con autismo.
- Se exploró un modelo de interacción diferente, el cual está basado en movimientos y en objetos. Los resultados indicaron que éste modelo de interacción impactó de manera positiva en las terapias de espejo, ya que logró mantener la atención del niño y enfocarlo en los movimientos de su cuerpo. Además este modelo de interacción permitió fortalecer otras áreas como las habilidades sociales, las de leguaje o aspectos motrices. Por lo que hace plausible que el sistema SensoryPaint sea utilizado en otro dominio de aplicación.
- Se desarrolló una versión de SensoryPaint para el sistema operativo MacOS, lo que permitió realizar un estudio de laboratorio que estuvo a cargo de estudiantes de doctorado en la Universidad de California en Irvine. El estudio se realizó con 15 niños con problemas en el desarrollo neurológico.
- Se identificaron las principales problemáticas a las que se enfrentan los niños y las terapeutas a la hora de realizar las terapias de espejo. Las cuales dejan problemas abiertos para su investigación.
- Se recabó material audio-visual que documenta el proceso de ejecución de las terapias sensoriales, el cual puede ser utilizado para posteriores investigaciones.
- A partir de este trabajo de tesis se presentó un artículo en la conferencia internacional de Computo Ubicuo y Ambientes Inteligentes (UCAmI⁴⁹ 2013).

6.4 Trabajo futuro

Durante el diseño, implementación y evaluación del sistema SensoryPaint se dejaron algunos problemas abiertos, por lo que pueden ser tomados como oportunidades de

⁴⁹ *International Conference on Ubiquitous Computing & Ambient Intelligence (UCAmI 2013)*.
<http://mami.uclm.es/ucamiwaal2013/>

investigación y desarrollo, que pueden extender los resultados de esta tesis. A continuación se describen estos problemas.

- **Registro de la información.** Incorporar a SensoryPaint un mecanismo que permita registrar de manera automática parámetros de interés para terapeutas y psicólogos (*e.g.*, tiempo de atención a reflejo, números de “splash”).
- **Personalización de SensoryPaint.** Desarrollar los mecanismos necesarios para que las terapeutas y padres de familia puedan ajustar parámetros de acuerdo a las características de cada niño como: los niveles de intensidad del color o sonido, cambiar las imágenes del libro de colorear, desactivar o activar elementos como el efecto de “splash” o modificar los colores de la sombra.
- **Interfaz de usuario.** Crear una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permita a terapeutas y padres de familia personalizar de manera más sencilla los parámetros de SensoryPaint. Como parte de esta GUI sería deseable también, agregar un mecanismo que permita ajustar el valor de los umbrales de manera más fácil que como se hace actualmente.
- **Análisis de datos.** Realizar el análisis de los datos del estudio que se realizó en la Universidad de Irvine para conocer el impacto que tuvo SensoryPaint en niños con autismo de alta-funcionalidad, y evaluar que tan representativo son estos datos.

Además quedan algunas preguntas abiertas que surgieron a partir de este estudio como:

- ¿Qué características de diseño deben tener las actividades de SensoryPaint, para que: por una parte, sean “divertidas” y por otra parte, mantengan la característica de enfocar al niño en los movimientos de su cuerpo?
- ¿Cómo se debe balancear los niveles de estimulación para no perder la atención del niño en la terapia?

Referencias bibliográficas

- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed.). American Psychiatric Association.
- Amsterdam, B. (1972). Mirror self-image reactions before age two. *Developmental psychobiology*, 5(4), 297–305.
- Bakeman, R. (1997). *Observing interaction: An introduction to sequential analysis*. Cambridge University Press.
- Berrios, C. D., & Jacobowitz, W. H. (1998). Therapeutic holding: outcomes of a pilot study. *Journal of Psychosocial Nursing and Mental Health Services*, 36(8), 14–18.
- Blake, J. (2011). *Natural User Interfaces in .NET: WPF 4, Surface 2, and Kinect*. Manning.
- Borenstein, G. (2012). *Making Things See: 3D vision with Kinect, Processing, Arduino, and MakerBot*. O'Reilly Media, Inc.
- Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*. O'Reilly Media. Retrieved from <http://books.google.com.mx/books?id=seAgiOfu2EIC>
- Brave, S., & Dahley, A. (1997). inTouch: a medium for haptic interpersonal communication. In *CHI '97 extended abstracts on Human factors in computing systems: looking to the future* (pp. 363–364). ACM.
- Bricker, D. D., & Babinsky, N. M. (1998). *Sistema de evaluación, valoración y planeamiento de programas para infantes y preescolares AEPS: Medición AEPS desde el nacimiento a los tres años de edad de desarrollo*. Editorial El Manual Moderno. Retrieved from <http://books.google.com.mx/books?id=Nu2vYgEACAAJ>
- Case-Smith, J., & Bryan, T. (1999). The effects of occupational therapy with sensory integration emphasis on preschool-age children with autism. *The American journal of occupational therapy.: official publication of the American Occupational Therapy Association*, 53(5), 489–497.
- Champagne, T., & Stromberg, N. (2004). Sensory approaches in inpatient psychiatric

- settings: innovative alternatives to seclusion & restraint. *Journal of Psychosocial Nursing and Mental Health Services*, 42(9), 34–44.
- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334.
- David, N., Newen, A., & Vogeley, K. (2008). The “sense of agency” and its underlying cognitive and neural mechanisms. *Consciousness and cognition*, 17(2), 523–534. doi:10.1016/j.concog.2008.03.004
- Dourish, P. (2004). *Where the action is: the foundations of embodied interaction*. The MIT Press.
- Goldson, E. (2001). Integración sensorial y síndrome X frágil. *REV NEUROL*, 33, 32–36.
- Escobedo, L., Ibarra, C., Hernandez, J., Alvelais, M., & Tentori, M. (2013). Smart objects to support the discrimination training of children with autism. *Personal and Ubiquitous Computing*, 1–13. doi:10.1007/s00779-013-0750-3
- Farr, W., Yuill, N., & Raffle, H. (2010). Social Benefits of a Tangible User Interface for Children with Autistic Spectrum Conditions. *Autism*, 14(3), 237–252. doi:10.1177/1362361310363280
- Ferrari, M., & Matthews, W. (1983). Self-recognition deficits in autism: Syndrome-specific or general developmental delay? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 13(3), 317–324. doi:10.1007/BF01531569
- Fitzmaurice, G. W., Ishii, H., & Buxton, W. A. S. (1995). Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 442–449). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. doi:10.1145/223904.223964
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (2009). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Transaction Books.

- Haralick, R. M., Sternberg, S. R., & Zhuang, X. (1987). Image analysis using mathematical morphology. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, (4), 532–550.
- Herrera, G., Casas, X., Sevilla, J., Rosa, L., Pardo, C., Plaza, J., Le Groux, S. (2012). Pictogram Room: Aplicación de tecnologías de interacción natural para el desarrollo del niño con autismo. *Anuario de Psicología Clínica Y de La Salud*, 08, 41–46.
- Howell, S. (2012). Kinect2Scratch (Version 2.5). Retrieved from <http://scratch.saorog.com>
- Ibarra, C., & Tentori, M. (2012). “Things that think” for the cognitive skills training of students with autism. *Workshop on Evaluation, interfaces and education in CHI '12*
- Beaudry, I. (2006, July). Un trastorno en el procesamiento sensorial es frecuentemente la causa de problemas de aprendizaje, conducta y coordinación motriz en niños. *SCCALP / ERGON*, 46(197). 200-203
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 234–241). ACM. doi:10.1145/258549.258715
- Jean, J. S. (2012). *Kinect Hacks: Tips & Tools for Motion and Pattern Detection*. O’Reilly Media, Inc.
- Jordà, S. (2010). The reactable: tangible and tabletop music performance. In *Proceedings of the 28th of the international conference extended abstracts on Human factors in computing systems* (pp. 2989–2994). ACM. doi:10.1145/1753846.1753903
- Jordà, S., Geiger, G., Alonso, M., & Kaltenbrunner, M. (2007). The reacTable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces. In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction* (pp. 139–146 ACM. doi:10.1145/1226969.1226998
- Kazdin, A. E. (2011). *Single-case research designs: Methods for clinical and applied settings*. Oxford University Press.
- Kramer, J., Parker, M., Herrera, D., Burrus, N., & Echtler, F. (2012). *Hacking the Kinect*. Apress.

- Jean-Michel, R. (2003). *The Cambridge Companion to Lacan*. Cambridge University Press.
- Leekam, S., Nieto, C., Libby, S., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the Sensory Abnormalities of Children and Adults with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5), 894–910. doi:10.1007/s10803-006-0218-7
- Newton-Dunn, H., Nakano, H., & Gibson, J. (2003). Block jam: a tangible interface for interactive music. In *Proceedings of the 2003 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 170–177). Singapore, Singapore: National University of Singapore. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1085714.1085755>
- Nieuwdorp, E. (2007). The Pervasive Discourse: An Analysis. *Comput. Entertain.*, 5(2). doi:10.1145/1279540.1279553
- OMS. (1992). *CIE-10: Descripciones clínicas y pautas para el diagnóstico*. Edit. Meditor Madrid.
- Ornitz, E. M. (1974). The modulation of sensory input and motor output in autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 4(3), 197–215. doi:10.1007/BF02115226
- Parés, N., Carreras, A., Durany, J., Ferrer, J., Freixa, P., Gómez, D., ... Sanjurjo, À. (2005). Promotion of creative activity in children with severe autism through visuals in an interactive multisensory environment. In *Proceedings of the 2005 conference on Interaction design and children* (pp. 110–116). ACM. doi:10.1145/1109540.1109555
- Piper, A. M., Weibel, N., & Hollan, J. (2012). TAP & PLAY: an end-user toolkit for authoring interactive pen and paper language activities. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 149–158). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/2207676.2207698
- Ryokai, K., Marti, S., & Ishii, H. (2004). I/O brush: drawing with everyday objects as ink. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 303–310). ACM. doi:10.1145/985692.985731
- Schaaf, R. C., & Miller, L. J. (2005). Occupational therapy using a sensory integrative

- approach for children with developmental disabilities. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, *11*(2), 143–148.
doi:10.1002/mrdd.20067
- Shaer, O., & Hornecker, E. (2010). *Tangible User Interfaces*. Now Publishers Inc.
- Shreiner, D., & others. (2009). *OpenGL programming guide: the official guide to learning OpenGL, versions 3.0 and 3.1*. Pearson Education.
- Sitdhisanguan, K., Chotikakamthorn, N., Dechaboon, A., & Out, P. (2012). Using tangible user interfaces in computer-based training systems for low-functioning autistic children. *Personal Ubiquitous Comput.*, *16*(2), 143–155. doi:10.1007/s00779-011-0382-4
- Tomchek, S. D., & Dunn, W. (2007). Sensory processing in children with and without autism: a comparative study using the short sensory profile. *The American journal of occupational therapy.: official publication of the American Occupational Therapy Association*, *61*(2), 190–200.
- Villafuerte, L., Markova, M., & Jorda, S. (2012). Acquisition of social abilities through musical tangible user interface: children with autism spectrum condition and the reactable. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference extended abstracts on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts* (pp. 745–760). ACM. doi:10.1145/2212776.2212847
- Weiser, M. (1999). The Computer for the 21st Century. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, *3*(3), 3–11. doi:10.1145/329124.329126
- Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics bulletin*, *1*(6), 80–83.
- Yao, L., Dasgupta, S., Cheng, N., Spingarn-Koff, J., Rudakevych, O., & Ishii, H. (2011). Rope Revolution: tangible and gestural rope interface for collaborative play. In *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology* (pp. 11:1–11:8). ACM. doi:10.1145/2071423.2071437
- Zhang, Y., Han, T., Ren, Z., Umetani, N., Tong, X., Liu, Y., ... Cao, X. (2013).

BodyAvatar: creating freeform 3D avatars using first-person body gestures. In *Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology* (pp. 387–396). ACM. doi:10.1145/2501988.2502015

Zuckerman, O., Arida, S., & Resnick, M. (2005). Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 859–868). ACM. doi:10.1145/1054972.1055093

Apéndice 1

Formato de consentimiento para estudio de investigación en el Centro de Rehabilitación Integral (CRI) Ensenada B.C. para psicólogas y terapeutas.



CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR COMO SUJETO DE INVESTIGACION

Documento de consentimiento para psicólogos/terapeutas

Se le solicita su apoyo para participar en el estudio de investigación. La participación en este estudio es completamente voluntaria. Por favor lea la siguiente información y siéntase libre de preguntar cualquier cosa que no entienda antes de decidir si desea participar. Los investigadores citados a continuación responderán sus preguntas.

EQUIPO DE INVESTIGACION

Investigadores líderes:

Dra. Mónica E. Tentori Espinosa

mtentori@cicese.mx

Dra. Ana I. Martínez García

martinea@cicese.mx

Departamento de Ciencias de la Computación, CICESE

Investigadores:

M.C. Karina Caro Corrales

karicar@cicese.edu.mx

L.C.F.M. Rodrigo Zalapa Cardiel

czalapa@cicese.edu.mx

Departamento de Ciencias de la Computación, CICESE

PROPÓSITO DEL ESTUDIO

El propósito del estudio de investigación es entender las terapias que se ofrecen en el Centros de Rehabilitación Integral(CRI).

TEMAS

Requerimientos

Usted es elegible para participar en el estudio si usted es parte del equipo organizador/ejecutor de terapias/sesiones que se llevan a cabo en el CRI que tiene como objetivo tener un mejor entendimiento de las terapias.

PROCEDIMIENTOS

Se entenderán los problemas, habilidades y estrategias utilizadas por el personal en relación a terapias que se llevan a cabo en el CRI. Durante los primeros tres meses de la investigación usted será observado durante las sesiones con los niños con el objetivo de

que el equipo de investigación analice y entienda las terapias que se realizan en esta clínica así como las dificultades para llevarlas a cabo. Usted no será interrumpido durante las sesiones de terapia, ni sus sesiones ni actividades cambiarán. La información recopilada acerca de las sesiones y de las personas que participan en ellas será estrictamente confidencial, únicamente se utilizará para publicaciones referentes a este estudio, protegiendo en todo momento su identidad. Posterior a este estudio y evaluación, se desarrollarán escenarios de uso, se desarrollará la tecnología y finalmente se evaluará en un escenario concreto donde se observe si el uso de la misma trajo un beneficio y en qué medida, en apoyo a la población que se le de servicio. Todos los pacientes de esta clínica están invitados a participar en el estudio.

Usted deberá notificar a los investigadores si cree que usted puede participar en el estudio. Nosotros le describiremos el estudio, permitiéndole hacer las preguntas que crea necesarias.

RIESGOS E INCOMODIDADES

Debido a que el estudio se trata de recopilación y análisis de información, existe la posibilidad de una violación de la confidencialidad, sin embargo se tomarán medidas para proteger su confidencialidad, por lo que tanto la probabilidad y el nivel de riesgo es bajo.

BENEFICIOS

Beneficios de la Investigación

Los beneficios potenciales para usted si participa en este estudio incluyen un apoyo a las terapias que usted implementa, le permitirá enfocarse en fortalecer el apoyo a otras de las discapacidades que presentan los niños de esta clínica. Además la presente investigación representa un beneficio formal para esta clínica, ya que se capacitará al personal en nuevas técnicas para ofrecer terapias para mejorar las habilidades de estos niños.

Beneficios a Otros y a la Sociedad

Esperamos que lo que aprendamos aquí ayudará a los investigadores a crear tecnología especializada en apoyo a esta población. La tecnología que se desarrolle con los resultados del estudio tiene el potencial para mejorar la calidad de vida de esta comunidad y además a su familia, maestros y sus terapeutas.

COMPENSACION

Compensación por la Participación

Ni a usted ni a ningún participante del estudio recibirá alguna retribución económica por su participación en este estudio.

TERMINACION DEL ESTUDIO Y CONSECUENCIAS

Usted es libre de dejar el estudio en cualquier momento. **Si usted decide dejar el estudio deberá avisar al equipo de investigación** inmediatamente.

CONFIDENCIALIDAD

Identificación de los datos

Nos gustaría audio-grabar y video-grabar las entrevistas que le realicemos. Si usted está de acuerdo en que se graben, dichas grabaciones serán manejadas por el equipo de investigación en estricto orden confidencial. Únicamente el equipo de investigación

tendrá acceso a ellos. Nosotros transcribiremos las grabaciones eliminando su nombre y cualquier información que revele su identidad. Si usted así lo desea puede participar en el estudio y no ser audio-grabado o video-grabado durante las entrevistas y observaciones. Si usted no está de acuerdo en que se realicen las audio-grabaciones o video-grabaciones, nosotros tomaremos notas de las entrevistas y observaciones. Durante las sesiones se tomarán algunas fotos. Las grabaciones y las fotos tendrán un uso estricto confidencial, y únicamente con su permiso explícito posiblemente serán compartidas en un futuro con investigadores en esta área.

Acceso a Datos

Para proteger su seguridad y bienestar el equipo de investigación y el de esta clínica son los únicos que tienen la autorización de acceso a los datos, según los términos de confidencialidad mencionados. Cualquier información derivada de este proyecto de investigación que muestre su identidad no será voluntariamente revelada por estos dos equipos (que tendrán acceso a los datos) sin su consentimiento explícito. Publicaciones y/o presentaciones que resulten de esta investigación no incluirán información que revele su identidad.

Retención de los datos

El equipo de investigación mantendrá los datos que resulten de la investigación. Otros investigadores pueden tener acceso a los datos para futuras investigaciones.

Permiso para compartir datos con la audiencia en esta área

Pensando en los beneficios a esta comunidad, el equipo de investigación probablemente en un futuro le gustaría compartir algunas fotos y/o videos captados durante el estudio con la audiencia de investigadores en esta área. Por favor indique a continuación si da su permiso para:

- compartir las fotos y videos. ___ Sí ___ No _____ Sus iniciales
- compartir las fotos únicamente. ___ Sí ___ No _____ Sus iniciales
- compartir los videos únicamente. ___ Sí ___ No _____ Sus iniciales

DUDAS O COMENTARIOS

Si tiene comentarios, dudas, preocupaciones con respecto a la forma en la que se llevará a cabo la investigación, por favor contacte al equipo de investigación listado al inicio del presente documento.

ACUERDO DE PARTICIPACION VOLUNTARIA

Usted no debería firmar este documento a menos que lo haya leído. **La participación en este estudio es voluntaria.** Usted puede negarse a contestar cualquier pregunta o suspender su participación en cualquier momento sin sanciones ni pérdida de beneficios a los que tiene derecho. Su decisión no afectará su relación futura con el CICESE o con el CRI. Su firma indica que usted ha leído la información en este documento de consentimiento y ha tenido la oportunidad de hacer cualquier pregunta que tenga sobre el estudio.

Estoy de acuerdo en participar en el estudio

- [] **Permitiendo audio-grabación y video-grabación**
- [] **Permitiendo solo audio-grabación**
- [] **Permitiendo solo video-grabación**

Firma

Fecha

Nombre

Firma del Investigador

Fecha

Nombre del Investigador

Apéndice 2



Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
Departamento de Ciencias de la Computación
Entendiendo el proceso de las terapias sensoriales y de motricidad - Protocolo de entrevista
para psicólogos y terapeutas físicos

Escenario

Fecha:

Lugar:

Hora:

Datos Personales

Nombre del Entrevistado:

Edad:

Ocupación/puesto:

Años de experiencia:

Introducción

Hola mi nombre es [], soy estudiante de [MC, DC] del CICESE en Ensenada B.C. en el programa de ciencias de la computación. El objetivo de esta investigación es el desarrollo de una tecnología que apoye tanto a terapeutas como a pacientes en el desarrollo de las terapias que aquí se llevan a cabo. El equipo de investigación del que formo parte, se especializa en el área de la computación, sin embargo no somos expertos en cuestiones relacionadas con las problemáticas que aquí se resuelven, por lo que su apoyo y retroalimentación nos serán de gran ayuda. Esta entrevista tiene intereses estrictos de investigación y la información recabada será de usos confidencial. El fin de esta entrevista es conocer, en voz de un experto, las terapias que aquí se realizan, como se llevan a cabo y las problemáticas a las que se enfrentan. El objetivo de esta no es evaluarlo a usted, sino entender de manera general el trabajo que en este centro se realiza.

Entorno general

1. ¿Qué actividades realiza cotidianamente en su trabajo? ¿Me puede describir un día típico de trabajo?
2. ¿Cuáles son los problemas a los que se enfrenta al realizar estas actividades?
3. ¿Cómo resuelve estos problemas? (Prueba: estrategias)

Características generales de los pacientes

4. ¿Me puede platicar un poco del perfil de los niños que atienden aquí? (Prueba: edad, padecimiento)
 - a. ¿Cuáles son los padecimientos más comunes de esos niños?
 - b. ¿Cuáles son las edades aproximadas de los niños que atiende?
5. ¿Cuántos niños aproximadamente atiende en este centro?

Terapias

6. ¿Cuáles son los tipos de terapias que usted proporciona a los niños que atiende?

7. ¿Con qué frecuencia vienen los niños a tomar esas terapias?
8. ¿Cuál es la duración en tiempo de la terapia? (al día)
9. ¿Cuáles son los problemas más comunes con los que se enfrenta durante las terapias con los niños? (Prueba: ejemplos)
10. ¿Cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar estos problemas?
11. Podría mencionar algún ejemplo de ejercicios realizados durante alguna terapia. (Prueba: motricidad y terapias sensoriales)

Interacción con objetos

12. ¿Cuáles objetos utilizas durante la terapia?
13. ¿Con que frecuencia los utilizas?

Mecanismos de adaptabilidad

14. ¿En qué se basa para elegir los ejercicios a realizar con los niños durante la terapia?
¿qué parámetros toma en cuenta para seleccionar los ejercicios adecuados para cada niño?
 - a. ¿Qué aspectos influyen en esa decisión?

Mecanismos de participación/motivación

15. ¿Qué tipos de mecanismos utiliza para mantener al niño atento a la terapia?
16. ¿Cuáles de esos mecanismos son los que le funcionan más?
17. ¿Cómo incentiva al niño cuando realiza una actividad correctamente?
18. ¿Detecta algún problema a la hora de incentivar al niño?
19. ¿Cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar estos problemas?

Evaluación del progreso

20. ¿De qué manera evalúa el avance de cada niño? ¿qué parámetros toma en cuenta para llevar a cabo la evaluación?
21. ¿Se lleva algún registro del avance o evaluación de cada niño? (Prueba: ejemplos)
22. ¿Cuáles son los aspectos que toma en cuenta para afirmar que el niño ya logró el objetivo buscado con la terapia? (En qué momento decide cambiar de ejercicio).
23. ¿cuáles son los problemas más comunes a los que se enfrenta durante la evaluación de cada niño?
24. ¿cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar estos problemas?

Captura de información

25. ¿De qué manera captura la información que se genera durante las terapias con los niños?
26. ¿Cómo controla la información de cada niño/paciente? (Prueba: acceso y consulta de información)
27. ¿Con qué frecuencia captura la información? (Prueba: ejemplos)
28. ¿Cuáles son los problemas más comunes a los que se enfrenta durante la captura de información?
29. ¿Cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar esos problemas?

Colaboración

30. ¿Con quién comparte información de los diagnósticos y evolución de los niños?
31. ¿Cómo la comparte?
32. ¿Con qué frecuencia la comparte? (Prueba: ejemplos)
33. ¿Cuáles son los problemas más comunes que se enfrenta al compartir información?
34. ¿Cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar esos problemas?

Seguimiento en casa y generalización de habilidades

35. ¿Existe algún tipo de seguimiento en cada una de las terapias que proporciona?
¿cuál?
36. ¿cuál es el papel de los padres de familia durante y fuera de la terapia? (Prueba:
¿están involucrados? ¿hay algunas indicaciones que tienen que seguir?
¿responsabilidades?)
37. ¿Cuáles son los problemas más comunes a los que se enfrenta respecto al
seguimiento en casa?
38. ¿Qué estrategias o mecanismos utiliza para que el niño lleve las habilidades
aprendidas durante la terapia a la práctica (*i.e.*, fuera del centro)?
39. ¿Cuáles son los problemas que enfrenta respecto a la generalización de habilidades
en los niños?
40. ¿Cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar esos problemas?

Sentido de autonomía

41. ¿Qué tan conscientes son los niños de sus movimientos?
42. ¿Qué terapias existen por ejemplo, para que el niño controle el movimiento de sus
manos?
43. ¿Qué tan conscientes son los niños de sus decisiones? Por ejemplo, ¿son conscientes
de que quieren un juguete en particular?
44. ¿El niño tiene la capacidad de interactuar con algún tipo de objeto como una
decisión propia?
45. ¿Algo más que desee agregar a la entrevista?

Apéndice 3

Protocolo de Entrevista Segunda Fase: Terapias Sensoriales

Hola mi nombre es Rodrigo Zalapa, soy estudiante de maestría del CICESE en Ensenada B.C. en el programa de ciencias de la computación. El objetivo de mi tesis es el desarrollo de una tecnología que apoye a las terapias sensoriales para niños con autismo. El equipo de investigación del que formo parte, se especializa en el área de la computación, sin embargo no somos expertos en cuestiones relacionadas con el autismo e integración sensorial, por lo que su apoyo y retroalimentación nos serán de gran ayuda. Esta entrevista tiene intereses estrictos de investigación y la información recabada será de usos confidencial. El fin de esta entrevista es conocer, en voz de un experto, las terapias sensoriales, como se llevan a cabo y las problemáticas a las que se enfrentan. El objetivo de esta no es evaluarlo a usted.

Proceso y perfil de los informantes

1. ¿Cuáles son los tipos de desordenes sensoriales más frecuentes en los niños con autismo?
2. ¿Cómo identifican estos desordenes sensoriales? (Prueba: instrumentos)
3. ¿En dónde impactan estos desordenes sensoriales?
4. ¿Qué tipo de tecnología de información utiliza para apoyar que a los niños con autismo les agrade más?
5. ¿Qué tipo de juguetes son los que prefieren los niños?
6. ¿Qué tipo de juegos son más del agrado de los niños?

Terapias Sensoriales

1. ¿Cuál es el objetivo de las terapias sensoriales?
2. ¿Cuántos tipos de terapias sensoriales se aplican en esta clínica?
3. ¿Qué es una dieta sensorial?
4. ¿Cómo determinan la dieta sensorial? (Prueba: ejemplos)
5. ¿Cuál es la participación del niño en la terapia? (Prueba: nivel de interactividad vs. Reactividad, el niño está activo)
6. De las terapias que se llevan a cabo en esta clínica ¿hay alguna donde el niño se le permita explorar libremente su entorno? En caso que si, hableme un poco mas de ella.
7. ¿Cuál terapia consideras tu que es la más interactiva?

Artefactos

8. ¿Qué tipo de artefactos son los que se utilizan en las terapias sensoriales?
9. ¿Qué criterios se utilizan para escoger estos artefactos?
10. ¿Cómo interactúan los niños con estos artefactos? (Prueba: Ejemplos, mejor, mediano y peor caso)

Problemas para llevar a Cabo la Terapia

11. ¿Cuáles son las principales problemáticas a las que te enfrentas para llevar a cabo las terapias sensoriales? (Prueba: Ejemplos)
12. ¿Consideras que cada una de las terapias sensoriales tiene sus propias problemáticas para llevarse a cabo?, ¿Cuáles son?

Sentido de autonomía

13. ¿El niño es capaz de imitar sonidos o comportamientos de otras personas o de alguna otra fuente como puede ser la radio la televisión?

Interacción con objetos

14. Si el niño estuviera rodeado por diferentes tipos objetos ¿por qué objetos consideras tu se decidiría a interactuar?, ¿Por qué?

Consciencia del cuerpo

15. ¿Qué tan conscientes están de su cuerpo los niños con espectro autista o autismo?
16. ¿En que otros casos, diferentes al autismo, se puede presentar esta pérdida de la consciencia del cuerpo?
17. ¿Qué terapias existen para apoyar esta falta de consciencia?
18. El espejo es una herramienta que he visto que se utiliza tanto en terapia física como en la cámara sensorial, ¿Me podría explicar un poco más sobre su propósito?
19. ¿Me podría comentar un poco más sobre la terapia de espejo para el caso de los niños con autismo? (Prueba: ejemplos)
20. ¿Qué tipo de incentivos se dan en estas terapias?

Cierre

21. ¿Algo más que quieras agregar?

Apéndice 4

Nombre: _____ Sexo: Masculino

Femenino Edad: _____ años

Estatura: _____ m

Pelota

	correcto		incorrecto		consciencia corporal	
	splash	no splash	splash	no splash	si	no
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

	Dibujo		consciencia corporal		Notas
	si	no	si	no	
triángulo					
rectángulo					
círculo					

Pelota

	correcto		incorrecto		consciencia corporal	
	splash	no splash	splash	no splash	si	no
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Pelota

	correcto		incorrecto		consciencia corporal	
	splash	no splash	splash	no splash	si	no
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Apéndice 5

Cuestionario












Nombre: _____

Sexo: Masculino

Femenino Edad: _____ años

Estatura: _____ m

1. ¿Cuáles de estos juegos has utilizado? Wii Kinect

2. Si tuvieras acceso a la tecnología y al sistema de Pintura Sensorial, lo usarías

 No No sé Sí
3. Usando el sistema de Pintura Sensorial que me permite ver mi sombra me ayudará a mejorar mis movimientos

 No No sé Sí
4. Usando el sistema de Pintura Sensorial me ayudará a mejorar la efectividad de mis movimientos (me doy cuenta de los movimientos que hago)

 No No sé Sí
5. Usando el sistema de Pintura Sensorial que me permite ver mi sombra, me facilita identificar mis movimientos

 No No sé Sí
6. El sistema de Pintura Sensorial es útil para detectar mis movimientos

 No No sé Sí
7. Aprender a usar el sistema me será fácil

 No No sé Sí
8. El uso del sistema para mí es claro y entendible

 No No sé Sí
9. Considero que el sistema para mí es de fácil uso

 No No sé Sí
10. Estoy interesado en utilizar el sistema

 No No sé Sí
11. El sistema para mí es atractivo

 No No sé Sí
12. Considero que la utilización del sistema para mí es factible (Creo que mis papás me pueden comprar lo que necesito para utilizar el sistema)

 No No sé Sí

13. Si los niños (mis amigos) tuvieran acceso a la tecnología y al sistema, lo utilizarían



No No sé Sí

14. Usando el sistema me motivaría a realizar ejercicio



No No sé Sí

15. Usando el sistema mis movimientos serían mejor



No No sé Sí

16. Usando el sistema aprenderé a identificar mis movimientos



No No sé Sí

17. Usando el sistema aprenderé mejor cómo moverme



No No sé Sí

18. El sistema me resulta útil



No No sé Sí

19. A mis amigos les interesaría utilizar el sistema



No No sé Sí

20. El sistema es atractivo para mí



No No sé Sí

21. Considero que la utilización del sistema es factibles para los niños.



No No sé Sí

Entrevista

22. ¿Qué le cambiarías al juego? (Colores, Actividades, Otros)

23. ¿Qué fue lo que más te gustó del juego?

Dibujar

Tirar las pelotas

Otro _____

24. ¿Qué actividad te hizo sentir más consiente de mis movimientos? ¿Por qué?

Dibujar

Tirar las pelotas

Ninguno

25. ¿Qué tipo de sonido te hubiera gustado escuchar?

26. ¿Qué le agregarías o quitarías al sistema de pintura sensorial para que fuera más bonito?

27. ¿Qué le cambiarías a la sombra? (Color, forma, otro)

28. ¿Qué le agregarías o quitarías al sistema de pintura sensorial para hacerlo más divertido?

29. ¿Qué le agregarías o quitarías al sistema de pintura sensorial para hacerlo más útil para ti?

30. ¿Qué le agregarías o quitarías al sistema de pintura sensorial para hacerlo más fácil?

Apéndice 6

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR COMO SUJETO DE INVESTIGACION

Documento de consentimiento de los padres

Se le solicita su consentimiento para que su hijo participe en el estudio de investigación. La participación en este estudio es completamente voluntaria. Por favor lea la siguiente información y siéntase libre de preguntar cualquier cosa que no entienda antes de decidir si desea que su hijo participe. Los investigadores citados a continuación responderán sus preguntas.

EQUIPO DE INVESTIGACION

Investigadores:

Investigador líder: Rodrigo Zalapa czalapa@cicese.edu.mx, Monica Tentori
mtentori@cicese.mx

Ayudantes de investigación: Franceli Cibrian, Raúl Grijalva
{franceli, grijalva}@cicese.edu.mx

Departamento de Ciencias de la computación, CICESE

PROPOSITO DEL ESTUDIO

El propósito del estudio de investigación es evaluar el uso del sistema interactivo *SensoryPaint* (<https://sites.google.com/site/thasens/>), el cual proporciona una retroalimentación visual, auditiva y táctil de los movimientos del estudiante con el objetivo de mejorar las terapias de conciencia corporal y habilidades motoras.

TEMAS

Requerimientos

Su hijo es elegible para participar en este estudio si él o ella tienen un diagnóstico sobre el espectro autista.

PROCEDIMIENTOS

El procedimiento del estudio se compone de dos fases: línea base e intervención.

Línea Base. Durante las primeras dos semanas su hijo tomará sesiones de terapia sensorial de manera convencional utilizando el espejo y pelotas. Su hijo tendrá una sesión de terapia sensorial tres veces por semana, de una duración de 30 minutos cada una.

Intervención. Durante las siguientes 3 semanas, se instalará *SensoryPaint*. Su hijo recibirá entrenamiento de cómo usar el sistema en el primer día de la tercer semana. Después su hijo realizará la misma terapia de conciencia corporal pero utilizando *SensoryPaint*.

La información recopilada acerca de su hijo será estrictamente confidencial, únicamente se utilizará para el análisis de las sesiones y como referencia en publicaciones sobre el estudio, protegiendo en todo momento la identidad de su hijo. Con esta información se evaluará el sistema para concluir si el uso de la misma trajo un beneficio y en qué medida, en apoyo a sus habilidades motoras y de conciencia corporal.

Como parte de la investigación se capturarán fotos y videos. Algunas veces se optará por tomar video, dichas grabaciones se utilizarán de tal forma que su hijo no sea identificable.

BENEFICIOS

Beneficios de la Investigación

Los beneficios potenciales para los niños que participen en el estudio pueden incluir una mejora en sus habilidades motoras y de conciencia corporal.

Beneficios a Otros y a la Sociedad

Esperamos que lo que aprendamos aquí ayudará a los investigadores a crear tecnología especializada de apoyo a los niños con espectro autista para que mejoren sus habilidades sensoriales. Esta tecnología tiene el potencial para mejorar la calidad de vida de esta comunidad y además a su familia y a sus maestros.

TERMINACION DEL ESTUDIO Y CONSECUENCIAS

Su hijo es libre de dejar el estudio en cualquier momento. **Si él o ella deciden dejar el estudio usted deberá avisar al equipo de investigación inmediatamente.**

CONFIDENCIALIDAD

Identificación de los datos

Nos gustaría audio-grabar y video-grabar las entrevistas que le realicemos. Si usted está de acuerdo en que se graben, dichas grabaciones serán manejadas por el equipo de investigación en estricto orden confidencial. Únicamente el equipo de investigación tendrá acceso a ellos. Nosotros transcribiremos las grabaciones eliminando su nombre y cualquier información que revele su identidad. Si usted así lo desea puede participar en el estudio y no ser audio-grabado o video-grabado durante las entrevistas y observaciones. Si usted no está de acuerdo en que se realicen las audio-grabaciones o video-grabaciones, nosotros tomaremos notas de las entrevistas y observaciones. Durante las sesiones se tomarán algunas fotos. Las grabaciones y las fotos tendrán un uso estricto confidencial, y únicamente con su permiso explícito posiblemente serán compartidas en un futuro con investigadores en esta área.

Acceso a Datos

Para proteger su seguridad y bienestar el equipo de investigación y el de esta clínica son los únicos que tienen la autorización de acceso a los datos, según los términos de confidencialidad mencionados. Cualquier información derivada de este proyecto de investigación que muestre su identidad no será voluntariamente revelada por estos dos equipos (que tendrán acceso a los datos) sin su consentimiento explícito. Publicaciones y/o presentaciones que resulten de esta investigación no incluirán información que revele

su identidad. a los datos) sin su consentimiento explícito. Publicaciones y/o presentaciones que resulten de esta investigación no incluirán información que revele su identidad o la de su hijo.

Retención de los datos

El equipo de investigación mantendrá los datos que resulten de la investigación. Otros investigadores pueden tener acceso a los datos para futuras investigaciones.

Permiso para compartir datos con la audiencia en esta área

Pensando en los beneficios a esta comunidad, el equipo de investigación probablemente en un futuro le gustaría compartir algunas fotos y/o videos captados durante el estudio con la audiencia de investigadores en esta área. Por favor indique a continuación si da su permiso para:

- | | | | | |
|--------------------------|----------------------------------|--------|--------|---------------------|
| <input type="checkbox"/> | compartir las fotos y videos. | ___ Sí | ___ No | _____ Sus iniciales |
| <input type="checkbox"/> | compartir las fotos únicamente. | ___ Sí | ___ No | _____ Sus iniciales |
| <input type="checkbox"/> | compartir los videos únicamente. | ___ Sí | ___ No | _____ Sus iniciales |

DUDAS O COMENTARIOS

Si tiene comentarios, dudas, preocupaciones con respecto a la forma en la que se llevará a cabo la investigación, por favor contacte al equipo de investigación listado al inicio del presente documento.

ACUERDO DE PARTICIPACION VOLUNTARIA

Usted no debería firmar este documento a menos que lo haya leído. La participación en este estudio es voluntaria. Usted puede negarse a contestar cualquier pregunta o suspender su participación en cualquier momento sin sanciones ni pérdida de beneficios a los que tiene derecho. Su decisión no afectará su relación futura con el CICESE o con el CRI. Su firma indica que usted ha leído la información en este documento de consentimiento y ha tenido la oportunidad de hacer cualquier pregunta que tenga sobre el estudio.

Estoy de acuerdo de permitir a mi hijo participar en el estudio.

- [] **Permitiendo audio-grabación y video-grabación**
- [] **Permitiendo solo audio-grabación**
- [] **Permitiendo solo video-grabación**

Firma del Padre/Tutor o Representante Legal Autorizado

Fecha

Nombre del Padre/Tutor o Representante Legal Autorizado

Nombre de su hijo

Firma del investigador

Fecha

Nombre del Investigador

Apéndice 7

Esquema de codificación SensoriPaint

Propósito: Proporcionar un lenguaje común para codificar las observaciones diarias y facilitar la medición del tiempo durante las terapias de conciencia corporal de la intervención en CRI.

Fecha de Creación: 8 de julio de 2013

- **Informante:** Alias la persona que está siendo observada
- **Rol:** Responsabilidad de la persona observada
 - Terapeuta
 - Paciente
 - Auxiliar
- **Interacción con pelota (IPE):** Se entiende como la acción de patear, botar, lanzar, tomar o rodar, la pelota por parte del paciente

Categorías a evaluar

- **Atención**
 - **On task (ONT):** Cuando se encuentra poniendo atención y realizando la actividad
 - **Off task (OFT):** Cuando el paciente se distrae y deja de poner atención en la actividad
- **Manerismos/conciencia corporal (CC):** Se refiere al número de veces que el paciente realiza alguna de las siguientes actividades
 - **Brincar (BRI)**
 - **Mover manos (MMA)**
 - **Gritar (GRI)**
 - **Otro (OTR)**
 - **Ninguno (NON)**
- **Disposición/Motivación(MOT)**
 - **Dispuesto (DIS) :** El paciente tiene disposición a realizar la terapia. En este caso la terapeuta no tiene que ir por el estudiante, el estudiante llega solo con tan solo llamarlo.
 - **No dispuesto (NDIS):**El paciente hace berrinches porque no quiere hacer la terapia.
 - **Actual de alguna manera cuando activa el sistema (ACS):** El paciente tiene alguna reacción cuando el sistema se activa (Especificar emoción).
 - **Actual de alguna manera cuando se observa en el espejo (ACE):** El paciente tiene alguna reacción cuando se observa en el espejo, (Especificar emoción)
- **Estímulos Sensoriales**
 - **Se orienta hacia los estímulos auditivos(OEA):** Se refiere a si el paciente atiende la los sonidos generados por la terapeuta o por el sistema para llamar su atención.

- **Se orienta hacia los estímulos visuales(OEV):** Se orienta hacia su reflejo y a los efectos visuales del sistema o del terapeuta
- **Se orienta hacia los estímulos táctiles(OET):** El paciente busca e interactúa con las pelotas de la cámara sensorial
- Responde a estímulos auditivos, visuales: Responde a los sonidos y efectos visuales del sistema
- **Dominio Motriz fino**
 - **Trata de soltar los objetos dirigidos hacia un blanco (SBLAN)**
 - **Suelta objetos con cada mano (SCM)**
 - **Dibuja figuras geométricas (DIB):** Concluye el objetivo de dibujar figuras geométricas(círculos, triángulos, rectángulos) o líneas
 - **Garabatea (GAR):** Realiza dibujos con trazos de manera aleatoria
- **Dominio motriz grueso**
 - **Atrapa una pelota (APE)**
 - **Patea una pelota (PPE)**
 - **Lanza una pelota (LPE)**
- **Emociones (EM):** *Se refiere al tipo de emociones que el paciente presenta durante la terapia*
 - **Contento (CON)**
 - **Enojado (ENJ)**
 - **Angustiado (ANG)**
 - **Asombro (ASO)**
 - **Nula (NUL)**
 - **Otra (OTR)**
- **Ayuda:** Son apoyos ofrecidos por las maestras para intentar que el estudiante realiza satisfactoriamente el ensayo. Las ayudas pueden ser:
 - **Verbales (VER):** La maestra le apoya diciéndole algo que le ayude al estudiante a identificar la respuesta a la pregunta.
 - **Físicas (FIS):** La maestra toma la mano del estudiante y le indica que hacer.
 - **Gestual (GES):** La maestra usa su mano y señala para indicarle al estudiante lo que debe hacer.
 - **Modelado (MOD).** La maestra realiza un ensayo como lo que debería hacer el estudiante.
 - **None (NONE).** El estudiante no recibe ayuda.

Apéndice 8

Aplicación para ajuste de umbrales de SensoryPaint

Para extraer los píxeles que corresponden al color de la pelota en el modelo HSV, el algoritmo requiere de un intervalo de valores $X=[mincolor, maxcolor]$. Los parámetros *mincolor* y *maxcolor* son de la forma $(val0, val1, val2)$. Los valores de pixel que están dentro de este rango se considera que son los que forman la imagen de la pelota. Estos valores se calculan previamente para utilizarlos como parámetros del algoritmo de SensoryPaint.

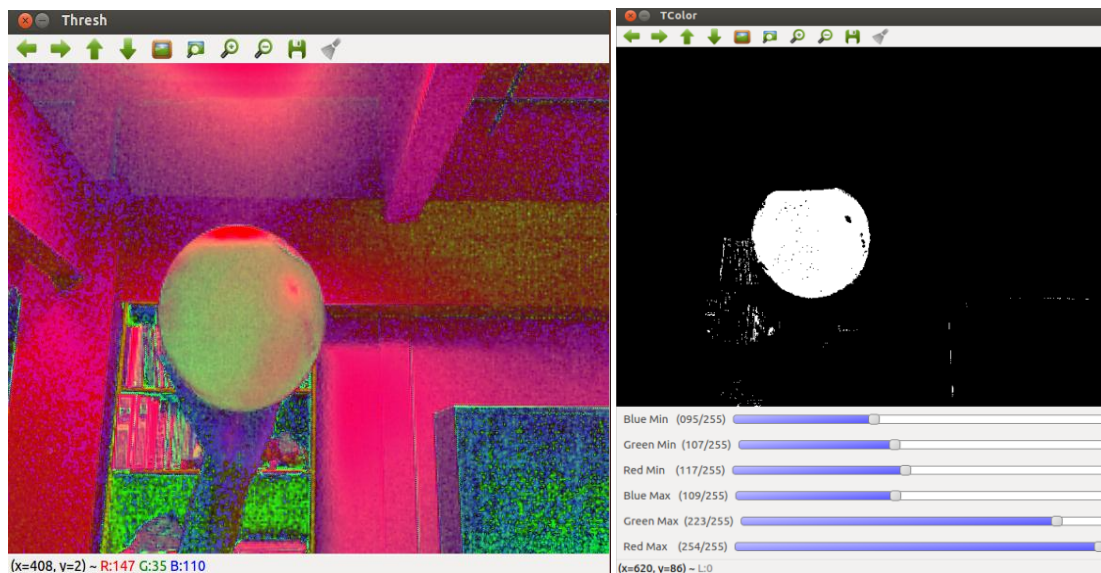


Figura 39. Aplicación desarrollada para el ajuste de umbrales de color para SensoryPaint. (a) Ventana que muestra imagen en el modelo HSV. (b) Ventana de control de valores *mincolor* y *maxcolor*.

Para calcular estos valores se desarrolló una aplicación que permite encontrar los valores *mincolor* y *maxcolor*. Esta aplicación consiste de dos ventanas, en una de ellas se muestra la imagen de la cámara RGB del kinect transformada al modelo de color HSV (ver Figura 39.a).

En la segunda ventana se muestra la imagen binaria y seis barras deslizables (*i.e.*, 6 controles “trackbar”), tres de ellas corresponden a los componentes de *mincolor* y las tres restantes a *maxcolor*. Lo que se hace es colocar la pelota frente al kinect y manualmente deslizar las barras hasta extraer el color de la pelota.