



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACION**

**MOVILIDAD Y ORIENTACIÓN DE NIÑOS CIEGOS EN LA ESCUELA**  
**UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVILES**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS**  
**MENCIÓN COMPUTACIÓN**

**MIGUEL ÁNGEL ELÍAS ECHAUREN**

**PROFESOR GUIA:**  
**JAIME SÁNCHEZ ILABACA**

**MIEMBROS DE LA COMISION:**  
**NELSON BALOIAN TATARYAN**  
**LUIS GUERRERO BLANCO**  
**MARCO VILLALOBOS ABARCA**

**SANTIAGO DE CHILE**  
**JULIO 2008**

## RESUMEN

En los niños videntes, acciones básicas y cotidianas en la escuela como reunirse con un amigo en el patio o desplazarse desde un lugar a otro son favorecidas por el sentido visual. Un niño ciego enfrenta numerosas dificultades al desplazarse por entornos cerrados como la escuela. En general, no es capaz de explorar el ambiente por completo, tarda más tiempo y cubre mayores distancias en sus recorridos, pudiendo comprometer su integridad y seguridad además de poseer disimilar acceso a la información que sus pares videntes.

Las ayudas primarias tradicionales de Movilidad y Orientación (M&O) poseen una serie de falencias y limitantes al considerar como usuario a un niño ciego, tanto en la información que detectan y transmiten como en las interfaces por las cuales se comunican con el usuario. Esto ocurre incluso al analizar soluciones de última generación, que utilizan tecnologías como los dispositivos móviles y GPS.

Teniendo como punto de partida que un niño ciego es capaz de utilizar eficientemente un dispositivo electrónico con interfaces basadas en sonido para navegar entornos reales y artificiales representados, la hipótesis que se verificó en esta investigación consistió en que es posible desarrollar y mejorar la M&O de niños ciegos en entornos cerrados utilizando un sistema de navegación que puede ser utilizado para el entrenamiento (simulaciones) como también en tiempo real, diseñado para un dispositivo móvil.

Diversos productos fueron obtenidos a partir de los resultados de esta investigación. Se realizó un profundo análisis in situ sobre el desplazamiento de las personas ciegas, en particular de niños dentro de la escuela, y se detectaron una serie de dificultades (y una evidente oportunidad) en las ayudas primarias de M&O tradicionales. Se generó además un modelo genérico para la representación de ambientes reales, que enfrenta un problema complejo e irresuelto en la actualidad, lo que sumando a la falta de estandarización, se traduce en soluciones cerradas y poco escalables.

El estudio de evaluación de usabilidad realizado con niños ciegos validó las interfaces y la interacción diseñada para el software EMO, mientras que el estudio de impacto cognitivo demostró que la utilización del software en conjunto con actividades cognitivas aumenta el conocimiento de un usuario ciego sobre el entorno representado, le permite entrenar y desarrollar habilidades y estrategias de M&O logrando un desplazamiento más eficiente, eficaz, seguro e independiente en entornos familiares y desconocidos.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al profesor Jaime Sánchez por haberme presentado la idea de desarrollar esta tesis, por incentivar me a tomar este camino que culmina un trabajo de más de dos años, y por el apoyo otorgado durante el proceso.

También quiero agradecer al Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento (C5), y a todos sus funcionarios por haberme apoyado con la infraestructura, conocimiento y motivación. Los recordaré siempre con mucho afecto.

A mi Universidad. A la “U” que me ha entregado las herramientas para poder soñar sin límites ni miedos, y a la gente del DCC (profesores, funcionarios) por tener siempre sus puertas abiertas.

Por supuesto, no puedo dejar de mencionar a mi familia y amigos, que me acompañaron como siempre durante este trayecto, y me entregaron la fuerza y la motivación cuando el cansancio se hacía presente. Y a la familia Joui Antillo, por todo el apoyo que me ha entregado desde siempre, y sin el cual, esta tesis quizás nunca hubiera existido.

Finalmente me gustaría dedicar este trabajo a todos los niños ciegos que participaron en esta investigación, en especial a las alumnas que participaron de la evaluación cognitiva, Ignacia y Sol, y a sus familias por toda la disposición y el apoyo que me entregaron, y por abrirme las puertas de sus hogares y de sus vidas desde el primer momento.

# Índice

<b><u>I. INTRODUCCIÓN.....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b>1.1 MOTIVACIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
1.3.1 HIPÓTESIS .....	15
1.3.2 OBJETIVO PRINCIPAL .....	15
1.3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>1.4 GLOSARIO .....</b>	<b>17</b>
<b><u>II. ANTECEDENTES.....</u></b>	<b><u>20</u></b>
<b>2.1 PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN EL MUNDO.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 DISCAPACIDAD EN CHILE .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 INCLUSIÓN E INTEGRACIÓN SOCIAL.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4 EDUCACIÓN DE CIEGOS EN CHILE.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5 INTEGRACIÓN ESCOLAR EN CHILE.....</b>	<b>25</b>
2.5.1 ¿QUÉ ES INTEGRACIÓN?.....	25
<b>2.6 NECESIDADES EDUCATIVAS DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL.....</b>	<b>27</b>
<b>2.7 ACCESO A LECCIONES DE MOVILIDAD Y ORIENTACIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b><u>III. MARCO TEÓRICO.....</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b>3.1 MOVILIDAD Y ORIENTACIÓN (M&amp;O).....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 DESPLAZAMIENTO DE LAS PERSONAS CIEGAS .....</b>	<b>31</b>
3.2.1 ¿CÓMO SE MUEVEN LAS PERSONAS? .....	31
3.2.2 DIFICULTADES EN EL DESPLAZAMIENTO .....	35
<b>3.3 IMPORTANCIA DE LA M&amp;O .....</b>	<b>38</b>
<b>3.4 TÉCNICAS DE NAVEGACIÓN DE LAS PERSONAS CIEGAS.....</b>	<b>39</b>
3.4.1 GUÍA VIDENTE .....	39
3.4.2 BASTÓN LARGO .....	40
3.4.3 PERROS GUÍAS .....	41
3.4.4 RASTREO.....	42
3.4.5 PROTECCIÓN PERSONAL.....	42
3.4.6 PUNTOS Y PISTAS DE REFERENCIA (LANDMARKS) .....	43
3.4.7 MAPAS TÁCTILES.....	43
3.4.8 ¿CUÁL ELEGIR? .....	44
<b>3.5 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DE NAVEGACIÓN (ETAS) .....</b>	<b>45</b>
<b>3.6 TECNOLOGÍAS RELACIONADAS A LA NAVEGACIÓN .....</b>	<b>46</b>
3.6.1 GPS.....	46
3.6.2 RFID.....	46
3.6.3 SENSORES.....	47
3.6.4 ARQUITECTURAS .....	47
3.6.5 DISPOSITIVOS MÓVILES.....	47
<b>3.7 ENFOQUES Y ORIENTACIONES DE LOS ETAS.....</b>	<b>48</b>

3.7.1	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA .....	49
3.7.2	SEÑALES AUDITIVAS.....	49
3.7.3	DISPOSITIVOS SONARES O DE ULTRASONIDO .....	50
3.7.4	OTROS SISTEMAS .....	52
<b>3.8</b>	<b>SISTEMAS DE NAVEGACIÓN EXTERIOR .....</b>	<b>52</b>
<b>3.9</b>	<b>SISTEMAS DE NAVEGACIÓN INTERIOR .....</b>	<b>53</b>
<b>3.10</b>	<b>TRABAJO RELACIONADO .....</b>	<b>55</b>
3.10.1	TECNOLOGÍAS DE SIMULACIÓN.....	55
3.10.2	AMBIENTES VIRTUALES BASADOS EN SONIDO.....	56
<b>3.11</b>	<b>HABILIDADES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....</b>	<b>57</b>

#### **IV. METODOLOGÍA..... 60**

<b>4.1</b>	<b>PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2</b>	<b>ALCANCE.....</b>	<b>61</b>
<b>4.3</b>	<b>PARTICIPANTES.....</b>	<b>61</b>
<b>4.4</b>	<b>ALGUNOS CASOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>62</b>

#### **V. ANÁLISIS - SOLUCIÓN PROPUESTA..... 69**

<b>5.1</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>69</b>
5.1.1	ACCESO A LECCIONES DE MOVILIDAD Y ORIENTACIÓN.....	69
5.1.2	¿QUÉ PROBLEMAS ENFRENTAR?.....	70
<b>5.2</b>	<b>MATRIZ PROBLEMA-SOLUCIÓN .....</b>	<b>76</b>
<b>5.3</b>	<b>PROBLEMAS DE LOS ETAS ACTUALES .....</b>	<b>76</b>
<b>5.4</b>	<b>LINEAMIENTOS .....</b>	<b>79</b>
5.4.1	ACERCA DE LA METODOLOGÍA .....	79
5.4.2	EL MODELO.....	80
5.4.3	ORIENTACIÓN LÚDICA .....	81
5.4.4	EVALUACIONES .....	81
5.4.5	ACERCA DE LA INTERFAZ .....	82
5.4.6	ACERCA DE LA INTERACCIÓN .....	82
5.4.7	ACERCA DE LAS PISTAS DE AUDIO.....	83
5.4.8	ACERCA DE LA INFORMACIÓN Y CONTENIDO .....	84
5.4.9	ACERCA DE LA REPRESENTACIÓN DEL ENTORNO.....	84
5.4.10	ACERCA DE LOS DISPOSITIVOS E INFRAESTRUCTURA.....	85
5.4.11	LINEAMIENTOS ESPECÍFICOS PARA M&O .....	86

#### **VI. DISEÑO – EL SOFTWARE E.M.O..... 89**

<b>6.1</b>	<b>EL SOFTWARE E.M.O .....</b>	<b>89</b>
<b>6.2</b>	<b>ARQUITECTURA .....</b>	<b>90</b>
<b>6.3</b>	<b>DISEÑO LÓGICO DEL SOFTWARE EMO .....</b>	<b>92</b>
6.3.1	LÓGICA DE VIDEOJUEGO .....	92
6.3.2	CICLOS DE RENDERIZADO. EL PROBLEMA DE LOS CUADROS POR SEGUNDOS.....	93
6.3.3	FLUJO DE EJECUCIÓN .....	95
<b>6.4</b>	<b>REPRESENTACIÓN DEL MUNDO .....</b>	<b>96</b>

<b>6.5</b>	<b>MAPAS DE NAVEGACIÓN.....</b>	<b>100</b>
<b>6.6</b>	<b>PISTAS DE SONIDOS.....</b>	<b>102</b>
<b>6.7</b>	<b>INTERFACES E INTERACCIÓN.....</b>	<b>104</b>
6.7.1	MENÚ PRINCIPAL .....	104
6.7.2	NAVEGACIÓN POR EL AMBIENTE VIRTUAL .....	105
6.7.3	MENÚ INTERNO.....	107
6.7.4	MATRIZ PROBLEMA-SOLUCIÓN .....	108

## **VII. IMPLEMENTACIÓN..... 111**

<b>7.1</b>	<b>TECNOLOGÍAS UTILIZADAS.....</b>	<b>111</b>
7.1.1	DISPOSITIVOS POCKET PC .....	111
7.1.2	.NET FRAMEWORK.....	113
7.1.3	DIRECTX.....	113
7.1.4	MANEJO DE SONIDOS.....	114
7.1.5	MOTOR TEXT-TO-SPEECH.....	115
7.1.6	SOFTWARE ADICIONAL UTILIZADO.....	116
<b>7.2</b>	<b>COMPONENTES.....</b>	<b>117</b>
7.2.1	SPRITES .....	117
7.2.2	VISUALIZACIÓN DEL MUNDO .....	119
<b>7.3</b>	<b>CLASES, LIBRERÍAS Y FUNCIONES.....</b>	<b>119</b>
7.3.1	CLASES CREADAS .....	119
7.3.2	DESCRIPCIÓN Y MÉTODOS PRINCIPALES DE LAS CLASES .....	122
<b>7.4</b>	<b>ESTRUCTURA Y JERARQUÍA DE DIRECTORIOS.....</b>	<b>126</b>
<b>7.5</b>	<b>FLUJO DE EJECUCIÓN.....</b>	<b>127</b>
<b>7.6</b>	<b>DETECCIÓN DE COLISIONES.....</b>	<b>128</b>
<b>7.7</b>	<b>OTRAS IMPLEMENTACIONES RELEVANTES.....</b>	<b>131</b>
7.7.1	CÁLCULO DINÁMICO DE POSICIÓN CARDINAL.....	132
7.7.2	SOUNDTRACING (ST) .....	133
7.7.3	WAVETRACING (WT).....	134
7.7.4	ADMINISTRACIÓN DE LANDMARKS .....	135
7.7.5	LOGGER .....	136

## **VIII. EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD ..... 139**

<b>8.1</b>	<b>PRELIMINARES.....</b>	<b>139</b>
<b>8.2</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>140</b>
8.2.1	INSTRUMENTOS .....	140
<b>8.3</b>	<b>EVALUACIÓN DE USUARIO FINAL.....</b>	<b>142</b>
8.3.1	ESCENARIO.....	142
8.3.2	MUESTRA .....	143
8.3.3	EVALUACIÓN.....	143
<b>8.4</b>	<b>EVALUACIÓN HEURÍSTICA.....</b>	<b>152</b>
8.4.1	ESCENARIO Y MUESTRA .....	152
8.4.2	EVALUACIÓN.....	153
<b>8.5</b>	<b>EVALUACIÓN DE FACILITADORES .....</b>	<b>157</b>
8.5.1	ESCENARIO Y MUESTRA .....	157
8.5.2	EVALUACIÓN.....	157

<b><u>IX. EVALUACIÓN COGNITIVA .....</u></b>	<b><u>161</u></b>
9.1 PRELIMINARES.....	161
9.2 ESTRATEGIAS DE M&O ANALIZADAS - ¿QUÉ EVALUAR?.....	161
9.3 ESTUDIO DE CASO – ¿CÓMO EVALUAR?.....	164
9.4 INSTRUMENTOS.....	164
9.4.1 MUESTRA Y ESCENARIO .....	164
9.4.2 MATERIAL CONCRETO .....	165
9.4.3 EL DISEÑO DE PRETEST-POSTTEST DE UN GRUPO .....	165
9.4.4 TAREAS COGNITIVAS.....	169
9.4.5 PROCEDIMIENTO.....	171
9.5 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN COGNITIVA .....	176
9.5.1 CASO I – EVALUACIÓN DE HABILIDADES PURAS.....	176
9.5.2 CASO I – EXPERIMENTACIÓN EN EL AMBIENTE FAMILIAR.....	178
9.5.3 CASO I – EXPERIMENTACIÓN EN EL AMBIENTE DESCONOCIDO .....	180
9.5.4 CASO II – EVALUACIÓN DE HABILIDADES DE M&O PURAS.....	181
9.5.5 CASO II – EXPERIMENTACIÓN EN AMBIENTE FAMILIAR .....	183
<b><u>X. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....</u></b>	<b><u>186</u></b>
10.1 DISCUSIÓN.....	187
10.2 CONCLUSIONES.....	189
10.3 TRABAJO FUTURO.....	192
<b><u>REFERENCIAS.....</u></b>	<b><u>194</u></b>
<b><u>ANEXOS.....</u></b>	<b><u>200</u></b>
<b>ANEXO A – PAUTAS DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD.....</b>	<b>200</b>
A.1 PAUTA DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE SOFTWARE PARA NIÑOS CIEGOS. EVALUACIÓN DE USUARIOS FINALES.....	200
A.2 PAUTA DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE SOFTWARE PARA NIÑOS CIEGOS. EVALUACIÓN HEURÍSTICA.....	202
A.3 PAUTA DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE SOFTWARE PARA NIÑOS CIEGOS. EVALUACIÓN DE FACILITADORES.....	206
<b>ANEXO B – PAUTAS DE EVALUACIÓN COGNITIVA .....</b>	<b>208</b>
B.1 EVALUACIÓN DE HABILIDADES DE M&O “PURAS” .....	208
B.2 PRETEST Y POSTTEST – AMBIENTE FAMILIAR.....	211
B.3 TAREAS COGNITIVAS.....	212
B.4 PAUTA DE VALIDACIÓN DE LAS TAREAS COGNITIVAS .....	215
<b>ANEXO C – ACTIVIDADES COGNITIVAS.....</b>	<b>217</b>
C.1 TAREA 1: “TE PRESENTO MI ESCUELA” – AMBIENTE FAMILIAR.....	217
C.2 TAREA 2: “DESCUBRIENDO UNA NUEVA ESCUELA” – AMBIENTE DESCONOCIDO.....	219
<b>ANEXO D.....</b>	<b>223</b>
D.1 COLEGIOS PARTICIPANTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	223
<b>ANEXO E – ALGUNAS IMPLEMENTACIONES RELEVANTES .....</b>	<b>224</b>
E.1 - MÉTODO DE RENDIR.....	224

E.2 – CÁLCULO DE LA POSICIÓN CARDINAL. ....	225
E.3 MÉTODO SOUNDTRACING. ....	226
E.4 – CREACIÓN DE UN PUNTO DE REFERENCIA. ....	227

I

# **INTRODUCCIÓN**

# Introducción

*“Sabemos más de lo que involucra llevar a un hombre a la luna que lo que involucra llevar a un ciego al otro lado de la calle”*

*Emerson Foulke*

## 1.1 Motivación

Cada vez que visitamos un lugar por primera vez realizamos una serie de procesos cognitivos que nos permiten crear una representación mental del lugar en el que nos encontramos. Somos capaces de estimar las dimensiones de dicho lugar y sus límites (paredes, puertas), reconocemos los elementos con los cuales estamos familiarizados y nos llaman la atención aquellos que desconocemos. Si después de haber visitado y explorado el lugar realizamos el ejercicio de cerrar los ojos e imaginar cómo era, podremos darnos cuenta de que somos capaces de reconstruir mentalmente el espacio con una gran precisión. Si repetimos el ejercicio, pero esta vez ingresando al lugar desconocido con los ojos vendados, nos daremos cuenta de lo complejo que puede ser establecer un modelo aproximado del entorno, por muy simple que éste sea. La exploración del ambiente de por sí consistirá en un gran desafío, debiendo esquivar obstáculos e intentando explorar toda la magnitud del ambiente. Si luego de este ejercicio tratamos de recrear y describir el ambiente, lo más probable es que en nuestro modelo mental obviaremos elementos, las dimensiones no serán muy precisas, etc.

Si extendemos esta idea al contexto educativo, en particular la escuela, podemos comenzar a sospechar lo complicado que puede llegar a ser para un niño ciego el poder crear un espacio mental de su entorno, de sus límites, y en donde los elementos principales del ambiente le sean accesibles en cualquier momento. Para los niños videntes, las interacciones que se generan entre sus pares o entre las acciones básicas –como ubicar a otra persona, acceder a algún tipo de información particular, desplazarse desde un lugar determinado a otro a través de una navegación no trivial, o simplemente comunicarse con sus compañeros– son favorecidas por el sentido visual que les permite identificar su entorno, qué objetos se encuentran cerca de ellos, qué personas están cerca para poder comunicarse y cómo acceder desde un lugar a otro de forma directa y rápida sin tener ningún riesgo de encontrarse con obstáculos que harían más dificultoso su objetivo. Para un niño no vidente, estas acciones son malogradas por cambios en el ambiente que pueden generar atrasos y dificultades adicionales que el niño no ha previsto, pudiendo comprometer su integridad y seguridad, y que incluso a veces le obligan a tomar decisiones espontáneas para solucionar los problemas que enfrenta.

El niño vidente aprende a través de la exploración visual y táctil del mundo que le rodea. No sólo reconoce, sino que discrimina, compara, recuerda e identifica las cosas y las personas. Mientras, el niño ciego carece de uno de los sentidos más importantes para desenvolverse en nuestro medio. Sufre una frustración por las limitaciones que tiene tanto para el desarrollo como para la comunicación con los demás. Madura al ritmo de los demás, tiene la misma necesidad de afecto y autoestima, pero no puede aprender de la misma

manera que los demás, sino a través de medios y métodos especiales que le han de ser enseñados desde los primeros momentos de su desarrollo. Necesita sentirse querido y aceptado, y que se le anime a superar las dificultades.

En este trabajo se estudió la manera de apoyar con tecnología la Movilidad y Orientación de los niños ciegos en el contexto del espacio correspondiente a la escuela. Se estudiaron los principales problemas a la hora de desplazarse y acceder a la información en el patio de la escuela, y las posibles soluciones a estos problemas, con la tecnología disponible hoy en día. Las soluciones que se analizaron comprendieron no sólo una propuesta de software, sino también aspectos de resolución de problemas, del desarrollo de estrategias en forma lúdica, así como también de la infraestructura necesaria para implementar la solución.

Este proyecto se desarrolló en el marco del proyecto Fondecyt 1060797 “MUVIS: Mundos Virtuales para la Inclusión Social”

## 1.2 Justificación

No todos los niños con problemas visuales están en condiciones de integrarse a una escuela común o liceo. Como plantea Delia Martínez [10], jefa técnica de la escuela diferencial Ann Sullivan de Valdivia, muchos establecimientos de enseñanza regular no reúnen las óptimas condiciones para integrar al alumno con discapacidad visual. La integración exige al niño ciego: buen nivel intelectual, atención, memoria, afinada motricidad y desarrollo sensorial, independencia y estabilidad emocional; *“Lo ideal es que al integrarse, el niño maneje la lecto-escritura y pueda movilizarse en forma independiente”* –afirma Martínez. A su vez, la escuela regular debe mostrar una abierta disposición y amplitud de criterio para recibir al niño. Es aquí donde un sistema que apoye a la movilidad y orientación de los niños con discapacidad visual dentro de las dependencias de la escuela revela su importancia, ya que no sólo facilita a que el niño pueda desplazarse con mayor independencia, en forma segura y sin temor, sino que le permite lograr una verdadera inclusión social con sus pares videntes.

Un adulto ciego (tanto en el caso de discapacidad congénita como adquirida<sup>1</sup>) puede aprender a desplazarse con la ayuda de un bastón en algunas semanas. Para los niños toma toda la infancia afianzar los conceptos y desarrollar las habilidades motrices finas requeridas. Los niños ciegos no poseen la habilidad neuromuscular para lograr las habilidades apropiadas del manejo del bastón sino hasta los últimos años de enseñanza básica, ya que no pueden utilizar habilidades de bastón de los adultos sino hasta haber desarrollado patrones de coordinación en los brazos, manos, dedos, piernas y pies [4], y desarrollan las habilidades cognitivas para comprender el espacio muy lentamente. Los niños ciegos deben estudiar sistemáticamente los entornos y se deben mover a través del espacio para desarrollar esquemas mentales acerca del mundo. Enseñarle a un niño ciego a ser orientado espacialmente, y a mantenerse orientado mientras se desplaza, es uno de los principales desafíos para los especialistas en movilidad.

---

<sup>1</sup> Es decir, aquellos ciegos de nacimiento o aquellos que han adquirido esa condición en el transcurso de su vida.

Para las personas ciegas, llevar un bastón es un gran símbolo de independencia. Les permite moverse libremente por el mundo sin tener que contar con la guía de una persona vidente, sin estar siendo monitoreado por profesores o padres ansiosos, y lo que es más importante: por su propia iniciativa. Pero la manera en que se enseña la utilización del bastón es un tema de controversia. Basta con tener claro que este instrumento fue diseñado por personas videntes, que no se basa en investigaciones ergonómicas, no toma en consideración el desarrollo de las habilidades humanas, y además de ser incómodo, no siempre es utilizado [4], lo que fue comprobado en la realidad con algunos niños ciegos chilenos entrevistados para esta investigación, quienes prefieren no utilizar el bastón para pasar desapercibidos entre sus pares videntes. Incluso el problema es aún mayor, hay niños que utilizan el bastón sin haber recibido ninguna lección previa con especialistas, por lo que todos los beneficios de este instrumento se ven menoscabados por una utilización basada en “prueba y error”. Aun más, como los niños no poseen la habilidad neuromuscular que les permita hacer un uso apropiado del bastón, el hecho de considerar otro tipo de guía, que no requiera de un desarrollo neuromuscular determinado, que sea diseñado de acuerdo a sus necesidades actuales, con tecnologías actuales, les permitiría crear hábitos de independencia desde pequeños.

Los niños necesitan y responden a sus pares. Por esta razón, al intentar apoyar la Movilidad y Orientación (M&O) se deben considerar trabajos que permitan enseñarles a grupos de niños ciegos en conjunto, además de las actividades individuales. Por otro lado, los niños necesitan jugar. Mientras más pequeño sea el niño, mayor énfasis hay que realizar en que éste se entretenga, es decir, es necesario utilizar una enseñanza lúdica [72], [40]. Con un poco de incentivo, un niño ciego puede jugar y explorar, moverse y desarrollar un patrón similar que el de sus pares videntes. Es por esto que un instrumento que les permita aprender a desplazarse y orientarse debe considerar la utilización de métodos lúdicos durante la enseñanza.

Uno de los problemas detectados en relación con la M&O de los niños ciegos dentro del patio de la escuela tiene relación con la eficiencia y completitud de la exploración por el espacio. Los niños ciegos utilizan principalmente estrategias de exploración perimetral, es decir, se desplazan teniendo siempre a su alcance las paredes del recinto, por lo cual la navegación resulta ineficiente (tardan más tiempo en llegar de un punto a otro, y recorren mayores distancias). En consecuencia, los niños también tienden a repetir las rutas perimetrales conocidas por ellos sin explorar el resto del entorno.

Otra dificultad descubierta es que algunos niños ciegos no tienen previsión en su desplazamiento. Ellos simplemente comienzan a desplazarse siguiendo un patrón al azar, con la esperanza de no golpear a ninguna otra persona u objeto que se les pueda presentar en el camino. Esta situación tiene una doble lectura: por un lado se pone de manifiesto el ansia de independencia que presentan los niños desde temprana edad, y la valentía que poseen al momento de explorar el espacio desconocido por si solos, aún con sus limitantes físicas. Por otro lado se visualiza una oportunidad clara de poder apoyar la navegación independiente de los niños, de manera que ésta sea segura tanto para los niños como para su entorno. Una tercera complicación –señalada por educadoras diferenciales que trabajan con los niños

ciegos— es que algunos de ellos se desorientan y no tienen estrategias para poder continuar su desplazamiento, ni siquiera en el nivel de pedir ayuda. Simplemente se quedan inmóviles en un rincón y no dicen que les ocurre. Una asistencia constante que sugiera estrategias y soluciones al niño y lo ayude a orientarse, permitiría evitar este tipo de situaciones, logrando además que ellos puedan independizarse desde más pequeños, aumentando su autoestima y auto-suficiencia.

Pero la escuela es sólo una parte de la formación de las personas. Si consideramos el contexto de un campus universitario, no es difícil imaginar la cantidad de problemas que puede enfrentar un ciego al momento de desplazarse por dicho lugar, y más aun, de la cantidad de oportunidades educativas que suceden fuera de la sala de clase de las cuales no participaría, como encontrar reuniones estudiantiles, reunirse con amigos en la cafetería, asistir a una asamblea política, ir al gimnasio, etc. [105].

En esta investigación se buscó enfrentar problemas en el contexto de la Movilidad y Orientación (M&O), por lo que de inmediato surgió la idea de utilizar tecnologías relacionadas con la movilidad. Las tecnologías de apoyo a la enseñanza y al aprendizaje han sido tradicionalmente soporte computacional, dispositivos de votación para las clases, computadores portátiles y acceso a recursos de material docente. La tecnología de dispositivos móviles provee de oportunidades para nuevos tipos de apoyo para la enseñanza y el aprendizaje. Estos dispositivos se están convirtiendo en parte del recurso de computación personal de cada estudiante, disponible en cualquier momento y en cualquier lugar [13].

Las soluciones para el apoyo de la M&O que han sido desarrolladas para personas ciegas han tenido como objetivo principal asistir en un contexto de navegación exterior [51], [85], [83], [7], [48], es decir, han enfocado sus esfuerzos en apoyar el desplazamiento de las personas en la calle, y en la mayoría de los casos las soluciones son ayudas complementarias a guías tradicionales como el bastón y los perros guías. La limitante de estas soluciones es que no consideran al usuario ciego de menor edad, ni el contexto de una escuela, ya que es imposible (por razones presupuestarias, de infraestructura e incluso de madurez personal) que cada niño cuente, por ejemplo, con un perro guía, así como tampoco se está considerando a los niños que no tienen desarrollada la habilidad neuromuscular para poder utilizar el bastón en forma apropiada. Pero el principal problema de utilizar un sistema de navegación exterior, en el contexto de un entorno cerrado de mediano tamaño, es que la mayoría de las soluciones se basan en la utilización de tecnología GPS, y por lo mismo no pueden considerarse como disponibles y estables en todo momento, además de existir un rango de error que es aceptable para la navegación exterior, pero que es inaceptable para un ambiente cerrado.

La cantidad de investigación existente en relación a la navegación de interiores es bastante menor en comparación a la navegación exterior, y en general también se consideran soluciones complementarias para los ciegos jóvenes-adultos, que son capaces de utilizar un bastón [50], [105], [66], [32]. Las soluciones se limitan en general a dar información acerca de la posición y orientación del usuario, así como de los principales elementos del entorno, pero no consideran aspectos del desarrollo de habilidades de M&O, ni de estrategias de

desplazamiento, así como tampoco entregan información adicional asociada a cada elemento del entorno ni consideran las interfaces para esto (para el entrenamiento de rutas o para acceder a la información del diario mural y cafetería, por ejemplo). Estas soluciones, que pueden llegar a ser bastante sofisticadas en cuanto a las tecnologías que utilizan, en general fallan en el hecho de que sólo entregan información, pero no le agregan un valor adicional al usuario (por ejemplo, apoyando el desarrollo de habilidades de M&O), ni presentan modelos genéricos para la representación de ambientes. Esto se traduce en soluciones cerradas y poco escalables. Las investigaciones de esta línea por supuesto que sí han contribuido para comprobar que es posible mejorar el desplazamiento de personas ciegas mediante la utilización de dispositivos electrónicos de apoyo.

Por otro lado, diversas líneas de investigación [77], [18], [72], [25], [99], [42] han comprobado que las personas ciegas son capaces de construir y representar mentalmente ambientes virtuales utilizando interfaces basadas en sonido, y que por medio de un entrenamiento con estos ambientes virtuales pueden mejorar su desempeño en la navegación del ambiente real representado [25], [46], [51], [83], [33]. Por esta razón, uno de los horizontes de este trabajo fue diseñar una solución que pudiera ser utilizada para la construcción del espacio mental principalmente por niños que se integran recientemente a la escuela (es decir, alumnos nuevos), por aquellos que no pueden utilizar aún guías tradicionales como el bastón, e incluso por aquellos que van de visita a otros lugares.

El objetivo principal de este trabajo fue apoyar la Movilidad y Orientación de niños ciegos en la escuela, y con esto fijar directrices con el fin de lograr un medio de inclusión social real de las personas con discapacidades visuales, para que en el futuro puedan utilizar libre e independientemente la infraestructura de un colegio diseñado para personas videntes; que puedan aprender a su propio ritmo en qué lugar se encuentran las instalaciones (salas, baños, oficinas), con el fin de lograr una verdadera inclusión en las escuelas de nuestro país, así como también mejorar la calidad de vida de estas personas. El apoyo a la M&O fue logrado utilizando nuevas tecnologías para apoyar la construcción de los modelos mentales de espacios reales por parte de niños ciegos, proveyendo de información que ellos no pueden adquirir por sus propios medios, y al mismo tiempo diseñando una serie de actividades cognitivas que fueron desarrolladas en conjunto con la utilización del software, y en donde el desempeño de los niños fue evaluado formalmente. Es necesario considerar que el enfoque de este trabajo no fue entregar soluciones a cada problema relacionado con la M&O que se le pudiera presentar a cada niño, sino más bien incentivar la utilización de estrategias para lograr un desplazamiento independiente, seguro, y eficiente.

Las posibles aplicaciones reales del proyecto son numerosas, pues la solución podría extenderse a cualquier recinto cerrado de envergadura mediana (como municipalidades e instituciones públicas en general), con el fin de apoyar el desplazamiento de personas con discapacidad visual de diferentes edades a través de dichas instalaciones. Este sistema incluso podría adaptarse para ser utilizado por usuarios videntes, quienes también pueden beneficiarse de contar con información adicional sobre el entorno en ambientes desconocidos. Por ejemplo, en el aeropuerto de un país que tenga un idioma diferente y desconocido para el usuario, un sistema de esta naturaleza puede ser útil para guiar al

usuario para hallar sus maletas y encontrar transporte, recibiendo una ayuda en su propio idioma.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Hipótesis

La hipótesis de esta investigación fue que es factible desarrollar y mejorar la orientación y movilidad de niños ciegos en un ambiente cerrado de magnitud mediana-extensa como la escuela, utilizando un dispositivo electrónico móvil antes y durante la navegación, implementado de una manera sencilla y que se encuentre relativamente al alcance de un niño en un colegio integrado, como una PDA o un celular, es decir, que no sea necesario un dispositivo altamente sofisticado y exclusivo para este sistema.

Se quiso verificar además que, si es posible obtener la ubicación y orientación de un usuario particular en todo momento –independiente de la tecnología que exista de por medio– entonces es posible generar un sistema de navegación de interiores que, además de orientar y apoyar al usuario en su desplazamiento, puede ser utilizado (tanto en la simulación de ambientes virtuales como la navegación en espacios reales) para el entrenamiento y desarrollo de habilidades y estrategias que permitan lograr un desplazamiento más eficiente, eficaz, seguro e independiente, en entornos familiares y desconocidos. Adicionalmente, los usuarios podrían obtener acceso a información que de otra manera sería inaccesible.

Finalmente, se intentó comprobar que es posible diseñar los modelos de información utilizados para la representación de los diferentes entornos de manera tal que éstos fuesen extensibles a la modelación de otros ambientes reales cerrados de interés para los usuarios objetivo.

### 1.3.2 Objetivo principal

Desarrollar software para dispositivos móviles con la finalidad de apoyar o asistir el desarrollo de la Movilidad y Orientación de niños ciegos en la escuela, a través de la utilización de dispositivos móviles. Para esto se definieron tres directrices de solución principales:

- **Desplazamiento Ineficiente:** Los niños utilizan principalmente una estrategia de exploración perimetral. Se espera que los niños puedan desarrollar más estrategias de exploración, que sean más eficientes, y que les permitan desplazarse en forma segura.
- **Acceso a Información no Inmediato:** El acceso a información de la escuela requiere en general un traslado del niño en ocasiones innecesario. Por ejemplo, la información de noticias y avisos, lugares de actividades, etc.

- **Problemas no previstos en un desplazamiento:** Si durante un desplazamiento el niño se encuentra con una situación inesperada (acceso cerrado, obstáculos no previstos), no posee fuentes de información locales que le indiquen posibles soluciones a su problema.

### 1.3.3 Objetivos específicos

1. Investigar el estado de arte en tecnologías de asistencia a la M&O para usuarios ciegos, en particular aquellas que utilizan dispositivos móviles.
2. Diseñar e implementar un sistema de apoyo para la navegación de entornos cerrados y acceso a la información de niños ciegos en el contexto de la escuela.
3. Evaluar la usabilidad de las interfaces diseñadas con los usuarios finales.
4. Analizar el impacto de la utilización del sistema desarrollado en ámbitos de M&O de los usuarios, mediante evaluaciones piloto de los cambios en la eficiencia y eficacia en el desplazamiento de un usuario ciego en un ambiente desconocido.

Para esto fue necesario, entre otros:

#### **Investigar:**

- Los problemas concretos que enfrentan los niños ciegos en el patio de la escuela, tanto cuando la visitan por primera vez, como en el día a día.
- Los procesos de exploración y desplazamiento en personas ciegas. Se estudiaron las principales dificultades y soluciones existentes a ellas.
- Los ambientes virtuales para la construcción de espacios mentales a través del sonido.
- La utilización de dispositivos móviles por usuarios ciegos para el entrenamiento y la exploración de ambientes reales.
- Las herramientas existentes de apoyo a la M&O tanto exterior como interior.

#### **Desarrollar:**

- Un modelo de ambiente virtual que permita representar un ambiente real y que ayude a las personas ciegas a aprender sobre el entorno.
- Un software que permita a un usuario ciego navegar el ambiente virtual para simular la navegación por un espacio real.
- Las interfaces para el acceso a la información diseñadas para usuarios ciegos.

## **Evaluar:**

- La usabilidad de las interfaces propuestas.
- Las diferentes aplicaciones y extensiones de la solución en contextos reales y del diario vivir.

## **1.4 Glosario**

- **API:** (Application Programming Interface). Interfaz de Programación de Aplicaciones, es un conjunto de especificaciones de comunicación entre componentes de software.
- **Bluetooth:** Norma que define un estándar global de comunicación inalámbrica, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia.
- **CONADEE:** Coordinadora Nacional de Educación Especial
- **DLL:** Dynamic Linking Library (Bibliotecas de Enlace Dinámico), son archivos con código ejecutable que se cargan dinámicamente por el sistema operativo.
- **DFL:** Decreto con Fuerza de Ley.
- **ETAs:** (Electronic Travel Aids). Dispositivos electrónicos de navegación.
- **GIS:** (Geographical Information System). Sistema de Información Geográfica. Es un sistema de hardware, software, información espacial y procedimientos computarizados, que permite y facilita el análisis, gestión o representación del espacio.
- **GSM:** (Global System for Mobile communications). Sistema Global para las Comunicaciones Móviles. Una de las principales tecnologías de telefonía celular digital basada en división del tiempo para acceso múltiple, la cual permite ocho llamadas simultáneas en la misma frecuencia de radio.
- **GPS:** (Global Positioning System). Sistema de Posicionamiento Global. Es un Sistema Global de Navegación por Satélite el cual que permite determinar en todo el mundo la posición de una persona, un vehículo o una nave, con una desviación aproximada de cuatro metros. El sistema fue desarrollado e instalado, y actualmente es operado, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.
- **Handheld:** También llamada PDA. Computadora "de mano" es decir, que puede ser sostenida en la mano.
- **IEEE:** (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación estadounidense dedicada a la estandarización.
- **ISO:** (International Standard Organization). Organización internacional de normalización que se encarga de redactar las normas internacionales que afectan a una serie de elementos (estándares de calidad, protocolos, etc.).
- **M&O:** Movilidad y Orientación.
- **PCM:** (Pulse Code Modulation). Proceso para codificar sonidos en forma digital.

- **PDA:** (Personal Digital Assistant). Ayudante personal digital. Es un computador de mano originalmente diseñado como agenda electrónica. Hoy en día se puede utilizar como un computador doméstico (ver películas, crear documentos, navegar por Internet, etc.).
- **Pocket PC:** Computador de bolsillo, también llamado PDA. Diseñado para ocupar el mínimo espacio y ser fácilmente transportable, ejecuta el sistema operativo Windows CE de Microsoft, el cual le proporciona capacidades similares a los computadores de escritorio.
- **PYP:** (Primary Years Programme). Programa de Bachillerato Internacional (IB) para los Años Primarios. Es un programa educacional creado y administrado por la Internacional Baccalaureate Organisation para estudiantes entre 3 y 12 años.
- **RFID:** (Radio Frequency IDentification). Identificación por radio frecuencia, es un método de almacenamiento recuperación de datos remoto que utiliza etiquetas o *tags* RFID, y receptores.
- **SDK:** (Software Development Kit). Kit de Desarrollo de Software. Es un conjunto de herramientas de programación, utilitarios y documentación, librerías, funciones y clases para crear productos de software ejecutables en una plataforma particular. Usualmente contiene al menos un compilador y un depurador.
- **SIMCE:** Sistema de Medición de la Calidad de la Educación. Es un sistema de evaluación de la calidad del aprendizaje que se aplica a todos los establecimientos educacionales del país.
- **TFT:** (Thin Film Transistor). Transistor de Película Delgada. Tipo de pantalla en color utilizada en computadores portátiles. Ofrece alto contraste y buen ángulo de visión.
- **TTS:** (Text-to-Speech). Sistemas o motores que convierten el texto en palabra hablada utilizando sintetizadores de palabras para la producción artificial de la voz humana.
- **UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- **WAV:** (o WAVE). Formato de audio digital normalmente sin compresión de datos, desarrollado y propiedad de Microsoft y de IBM y que se utiliza para almacenar sonidos. No están comprimidos ni codificados.
- **Wi-Fi:** (Wireless Fidelity). Conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11.
- **Windows CE:** Es una variante del sistema operativo Windows de Microsoft, para mini-computadores y sistemas embebidos. Windows CE no es una versión reducida del Windows para computadores de escritorio, sino un *kernel* completamente diferente.
- **XML:** (eXtensible Markup Language). Es un lenguaje de marcado extensible que puede usarse para almacenar datos en un formato estructurado, basado en texto y definido por el usuario.

**II**

# **ANTECEDENTES**

## Antecedentes

### 2.1 Personas con Discapacidad Visual en el Mundo

En el año 2002 se hizo el cálculo que las personas con discapacidad visual alcanzaban aproximadamente los 161 millones de personas en todo el mundo, de los cuales 124 millones tenían baja visión y 37 millones eran ciegos. Información obtenida en ese mismo año permitió verificar que entre la década de los noventa y el año 2002 existió una disminución en la cantidad de personas con discapacidad visuales debido a enfermedades, pero también era posible notar un aumento en las personas con discapacidad visual producto de la mayor esperanza de vida. En cuanto a la distribución mundial de las personas con deficiencias visuales, más del 90% de éstas viven en países en vías de desarrollo [91]. La Unión Mundial de Ciegos plantea que son cerca de 180 millones de ciegos los que existen alrededor del mundo [88]. Solamente en Estados Unidos existen aproximadamente 10 millones de ciegos y con deficiencia visuales, de los cuales 1.3 millones son legalmente ciegos, lo que ha llevado a la estadística de que cada 7 minutos alguien en Estados Unidos resultará ciego o discapacitado visual [87], números que se espera que lleguen cerca del doble hacia el año 2010 [67]. De acuerdo al reporte de E-accesibilidad de la Unión Europea en el 2005, se estima que, solamente en el Reino Unido, cerca de 8.6 millones de personas (15% de la población) tienen algún tipo de discapacidad visual [89].

En la Tabla N° 1 se encuentra el estimado global de las personas con discapacidad visual, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, al año 2002, y a las regiones definidas por esta organización [91].

**Tabla N° 1. Estimación global de personas con discapacidad visual, en las regiones OMS (millones), año 2002.**

	África	Las Américas	Mediterráneo Oriental	Europa	Asia Sudoriental	Pacífico Occidental	Total
Población	672,2	852,6	502,8	877,9	1.590,80	1.717,50	6.213,80
# de ciegos	6,8	2,4	4	2,7	11,6	9,3	36,80
Porcentaje	18%	7%	11%	7%	32%	25%	1,00
# baja visión	20	13,1	12,4	12,8	33,5	32,5	124,30
# deficiencias visuales	26,8	15,5	16,5	15,5	45,1	41,8	161,20

La población mundial está envejeciendo a un ritmo acelerado, en donde las tasas de fecundidad, sumado a una mayor expectativa de vida, han provocado un aumento en la población adulta en forma global. Estas cifras son preocupantes si consideramos que, debido al envejecimiento de la población a nivel mundial existe la tendencia de una mayor población con impedimentos sensoriales, entre ellos, la vista.

## 2.2 Discapacidad en Chile

En Chile no existía un estudio formal sobre el número de personas con discapacidad en el país, el tipo de discapacidad que poseían, ni las condiciones en que vivían. En el año 2004, Chile se convirtió en uno de los primeros países en Latinoamérica en aplicar un estudio formal para conocer la realidad de las personas con discapacidad, estudio que recibió el nombre de “Primer Estudio Nacional de la Discapacidad en Chile” [64], que se basó en un nuevo enfoque propuesto por la Organización Mundial de la Salud, y que ha sido validado por 190 países. Según este estudio, el 12,9% de los chilenos (3.350.096 personas) viven con algún tipo de discapacidad, es decir, 1 de cada 8 individuos presenta esta condición. De ellos, un 2,5% tiene un grado severo de discapacidad. Considerando a las familias como unidades básicas de los modelos gubernamentales, se considera que 1 de cada 3 familias tienen por lo menos un miembro con alguna discapacidad, lo que representa al 34,6% del total de familias chilenas. En cuanto a la distribución territorial, es importante considerar que el 50% de la población con discapacidad se concentra en las regiones Metropolitana y VIII (Bío-Bío).

En relación con el tipo de deficiencia, el mayor porcentaje corresponde a discapacidades físicas (6,5% de la población total), seguido por discapacidades visuales. El 4,0% de los chilenos presenta algún tipo de impedimento visual, lo que corresponde a un total de 634.960 personas, esto es, cerca del 20% del total de personas discapacitadas. En la Tabla N° 2 se presenta la distribución por edad de las personas con impedimentos visuales en Chile.

**Tabla N° 2. Frecuencia y distribución porcentual de personas con discapacidad visual en Chile, año 2004.**

Edad (años)	0 - 5		6 - 14		15 - 29		30 - 64		65 o más	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
<b>Disc. Visual</b>	1.175	0,19%	19.753	3,11%	60.593	9,54%	327.735	51,62%	225.650	35,54%

Se definen las *Dificultades para ver*, para aquellas personas con dificultades graves o importantes de visión ya sea de cerca o de lejos, considerando limitaciones que no han sido superadas mediante ayudas técnicas (lentes, por ejemplo) [64]. Se considera que, dentro de la población general, las dificultades sensoriales (visión y audición) son las que concentran el mayor porcentaje de todas las dificultades, con un 33%. En particular, la dificultad más frecuente en los chilenos tiene que ver con la visión; un 26% de la población nacional tiene este tipo de problemas (4.158.157 individuos), es decir aproximadamente una de cada cuatro personas en Chile tiene alguna dificultad relativa con la visión.

Las *Deficiencias Visuales* se definen como “aquellas que disminuyen en a lo menos un tercio la capacidad del individuo para desarrollar actividades propias de una persona no discapacitada, en una situación análoga de edad, sexo, formación, capacitación, condición social, familiar y localidad geográfica. Las deficiencias visuales se ponderan considerando los remanentes del mejor ojo corregido el defecto” (Decreto N° 2505 de 1995 del Ministerio de Salud). En Chile, las personas con deficiencias visuales declaradas alcanzan las 634.906, es decir al 3,9% de la población total de país. Dicho de otra manera, 1 de cada 25 chilenos

presenta deficiencias visuales. De ese total, más de la mitad (277.749 individuos) de ellos se encuentran en una condición socioeconómica baja. Sólo el 3% se encuentra en una condición socioeconómica alta (23.067 personas).

Se habla de *ceguera adquirida* en aquellos casos en que la persona pierde la vista en el transcurso de su vida (por accidentes, enfermedades, etc.). En los casos en que las personas nacen ciegas se habla de *ceguera congénita*. La definición de ceguera legal para la mayoría de los países occidentales, entre los que se encuentra Chile, es “*un ojo es ciego cuando su agudeza visual con corrección es 1/10, o cuyo campo visual<sup>1</sup> se encuentra reducido a 20°*”, es decir, una persona es legalmente ciega cuando su capacidad de percibir detalles está reducida de tal manera de que lo que una persona con visión normal ve a diez metros, un discapacitado visual lo ve a un metro [21].

En relación a los instrumentos de apoyo a la movilidad y orientación es interesante apreciar que tan solo 7.310 personas utilizan el bastón guiador, es decir sólo un 1.2% del total de personas con deficiencias visuales. No se conoce el número de personas que utilizan otros apoyos como perros-guías o dispositivos electrónicos, pero se puede estimar que el número debe ser aún más bajo que aquellos que hacen uso de esta herramienta tradicional. Por otro lado, el uso de tecnologías es muy reducido entre las personas con deficiencia visual, un 8,3% declaran utilizar el computador, mientras que sólo un 4,1% declara navegar por Internet.

Considerando estos hechos, surge de inmediato la pregunta de cómo poder lograr un aporte que disminuya el impacto que tiene la discapacidad tanto en el individuo como en la familia, y cómo contribuir a mejorar la calidad de vida de éstas personas, considerando que es responsabilidad no sólo del estado apoyar a personas con discapacidad, sino que es una tarea de todos los ciudadanos. En una sociedad ideal, los individuos con discapacidades serían dueños de sus propias vidas, con autonomía y auto-valencia, con una real educación y oportunidades de trabajo, con accesibilidad física y tecnológica, es decir, tendrían acceso y podrían aprovechar todas las oportunidades que ofrece la sociedad. Con en este trabajo se pretendió contribuir significativamente en cuanto a la independencia y acceso a la información de niños ciegos en el contexto de la escuela, lo que les sirve de base para lograr solucionar estos problemas en contextos similares.

### **2.3 Inclusión e Integración Social**

En América Latina hay una clara tradición de selectividad, segmentación, discriminación y exclusión por parte de la escuela regular. Existe una cultura del “niño problema”, que ve en la diferencia una amenaza para el proceso de enseñanza de la mayoría que se autodenomina “normal”, terminando por excluir a estos niños. Estos “niños problema” comprenden desde aquellos con discapacidades físicas (ceguera, sordera) hasta aquellos que poseen un bajo rendimiento. Si bien el Estado no tiene una política explícita de

---

<sup>1</sup> El campo visual es la capacidad del ojo para observar lo que ocurre en un radio de 180°, manteniendo la vista fija.

selectividad, si es una práctica arraigada en los establecimientos educacionales, tanto particulares como subvencionados.

Según estudios de la UNESCO en la región, la idea de una educación exclusiva está mucho más radicada –como una cuestión de status– en la cultura latinoamericana que la educación inclusiva. Este concepto es bastante nuevo en los países de la región y en Chile sólo se logró socializar al interior de la comunidad educativa de manera incipiente a partir del 2002, en un intento por incluirlo dentro la reforma normativa de la educación especial [54].

Por otro lado, cada escuela decide la forma en que aplicará las políticas educacionales, y esto trae como consecuencia que exista tal diversidad de criterios como escuelas existen. Lo que siempre debe estar presente es que cada alumno es diferente y puede necesitar uno u otro tipo de apoyo en algún momento determinado de su aprendizaje, lo que incluye las habilidades básicas para poder desplazarse de un lugar a otro dentro del establecimiento.

En primer lugar, es fundamental dejar en claro que es falsa la afirmación de que todo alumno ciego, por el solo hecho de su condición, debe tener un cierto grado de retraso escolar. Las diferencias que se observan, tanto en escuelas especiales como de enseñanza integrada, en cuanto a la edad del niño y el nivel o curso escolar al que pertenece, son el resultado de una deficiente o tardía iniciación escolar, o bien se deben a la presencia de alguna deficiencia adicional a la ceguera. **Un niño ciego puede y debe iniciar su aprendizaje formal en el nivel inicial a la misma edad que los niños videntes.** Según Erwin [19] “ (...) *los primeros años de vida son críticos para los infantes en lo que hace a la exploración y a la adquisición de información de lo que les rodea (...) tanto la información positiva como la negativa que el niño recibe son esenciales para proporcionarle el necesario estímulo ambiental que le permite para formarse una representación realista del mundo*”.

Por otro lado, estudios [27] han mostrado que el rendimiento académico de un alumno universitario está relacionado a la actitud de éste además de su Coeficiente Intelectual. Así, fue posible observar que buenos resultados académicos eran obtenidos más por alumnos universitarios con una actitud positiva y optimista (evaluados a través de pruebas especiales) que por alumnos con una buena nota en el S.A.T<sup>1</sup>. Si bien los expertos no han llegado a un consenso sobre qué es la inteligencia, si han estimado que entre un 50% y un 80% es heredado. Esto implica que los esfuerzos de los padres y profesores, junto con el propio interés del niño por lo que está ocurriendo a su alrededor están muy relacionados con la inteligencia del niño. La motivación es un factor determinante en la manera en que el niño aprende. Lo importante es tener claro que los niños ciegos pueden aprender. Probablemente no todos lo hagan al mismo ritmo, pero si pueden lograr los mismos resultados. Todo o casi todo lo que se le enseña a los niños videntes es apropiado también para el niño discapacitado visual [19].

---

<sup>1</sup> Examen de aptitud escolar con una elevada correlación con el Coeficiente Intelectual.

El horizonte de todas las escuelas debería ser lograr una inclusión de las personas con discapacidad, y para esto no basta con simplemente integrarlas a la escuela común. El concepto de **integración** supone que es el niño diferente el que debe integrarse a la escuela, contando con las adecuaciones necesarias a su condición educativa. Es decir, el concepto de escuela está definido como una institución organizada para el niño típico. El concepto de **inclusión** implica que es la Escuela la que está preparada para incluir a todo niño, considerando que la diversidad es una condición básica del ser humano. Es decir, el niño se integra en un lugar preparado para él, respondiendo a sus necesidades educativas especiales. De esta manera, la escuela se define como un lugar para la diversidad. La inclusión consiste en dar las mismas oportunidades de participación curricular y de interactuar en el contexto escolar y social a los niños con discapacidad, proceso que favorece a toda la comuna educativa, al aceptar y valorar las diferencias individuales. Toda la comunidad escolar (alumnos, apoderados y docentes) debe sensibilizarse y comprometerse a respetar y ayudar a los alumnos con discapacidad, ya sea ésta intelectual, visual, auditiva, motora, o alteraciones en la capacidad de relación y comunicación.

La inclusión influye positivamente en el crecimiento y desarrollo del niño ciego, pues un ambiente natural es óptimo para preparar al discapacitado visual en su participación en la sociedad. Entregar oportunidades sociales en el mundo real le otorga a los niños ciegos un acceso directo a la información, y les permite tener un rol activo en el diario vivir. La discusión real no es si la integración e inclusión funcionan, sino la necesidad de explorar las variables críticas para lograr el mayor éxito [19].

En relación con la integración social que poseen las personas discapacitadas en Chile, basta con considerar la accesibilidad en la infraestructura actual para notar que todavía queda mucho por hacer. Es posible reconocer que ha existido la tendencia en los últimos años (tanto por modificaciones a la ley, como por una mayor toma de conciencia social) de mejorar los accesos a las edificaciones por parte de personas con discapacidad. El Artículo 2.2.8 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones tiene como fin el facilitar el desplazamiento de personas con discapacidad en espacios de uso público, y establece una serie de regulaciones mínimas que dichos espacios deben cumplir. Si bien esto representa un avance en términos de la integración social de las personas con discapacidad, las medidas están orientadas principalmente a discapacitados en sillas de ruedas (estableciendo normas para rampas, accesos, baños y estacionamientos, entre otros), y sólo en uno de sus puntos considera a los ciegos, en donde se establece que “(*...*) *en las vías de mayor flujo peatonal, las Municipalidades deberán dotar a los semáforos con señales auditivas, para las personas con discapacidad visual (...)*”. Aún así, la tendencia actual es seguir desarrollando iniciativas a favor de la inclusión. Algunos ejemplos de esto son el trabajo realizado en el Metro de Santiago, el cual incorporó en algunas estaciones baldosas con relieve para guiar a las personas ciegas en su interior, además de la instalación de señaléticas en Braille.

## 2.4 Educación de Ciegos en Chile

En relación con la educación de las personas con discapacidad en Chile, el 8% de las personas con deficiencias visuales no presenta ningún estudio aprobado, mientras que el 42% tiene una educación básica incompleta (Tabla N° 3).

Como se observa en la tabla, sólo el 6% de las personas con deficiencia visual ha accedido a la educación superior, incluyendo a quienes no han terminado sus estudios. Acerca de los alumnos con discapacidad visual no se conoce el número exacto de los alumnos que asisten a escuelas integradas. La única cantidad que se conoce es la de los alumnos que asisten a escuelas especiales, llegando a un total de 416 en todo el país, de los cuales 82 de ellos asisten a escuelas en Santiago [64].

**Tabla N° 3. Deficiencia Visual Según Nivel de Estudio Completado. Chile 2004.**

Nivel Educacional	Numero	Porcentaje
Sin estudios aprobados	54.638	8,6%
Educación básica incompleta	271.916	42,8%
Educación básica completa	65.948	10,4%
Educación media incompleta	97.516	15,4%
Educación media completa	85.991	13,5%
Educación Técnica, CFT <sup>1</sup> , incompleta	2.953	0,5%
Educación Técnica, CFT, completa	2.867	0,5%
Educación Profesional, IP <sup>2</sup> , incompleta	6.917	1,1%
Educación Profesional, IP, completa	3.926	0,6%
Educación Universitaria incompleta	15.915	2,5%
Educación Universitaria completa	11.949	1,9%
Educación diferencial	3.192	0,5%
Nivel de estudios ignorado	11.177	1,8%
<b>Total</b>	<b>634.905</b>	<b>100%</b>

Como referencia, en Estados Unidos cerca del 45% de las personas con deficiencias visuales o ceguera total tienen un diploma de secundaria (comparado con el 80% de sus pares videntes). Si se consideran a los estudiantes de secundaria, para los ciegos o deficientes visuales, pese a que es posible que hayan completado algunas de las mismas asignaturas que sus compañeros videntes, es menos probable que se hayan graduado [87].

## 2.5 Integración Escolar en Chile

### 2.5.1 ¿Qué es integración?

Cuando se habla de integración e inclusión en Chile, no es sencillo ponerse de acuerdo en cuáles son los objetivos que se desean alcanzar, ni menos cómo proceder para cumplir

<sup>1</sup> Cursos de Formación Técnica.

<sup>2</sup> Institutos Profesionales.

dichas metas. En primer lugar hay discrepancia sobre si incorporar o no a niños ciegos a colegios para videntes y a qué edad; o si deben o no mantenerse las escuelas diferenciadas.

Desde el año 1994 existe una serie de normativas que buscan incentivar la incorporación de alumnos con discapacidad en las escuelas y liceos, a través de la estrategia de Proyectos de Integración, permitiendo que estos alumnos y alumnas accedan al currículo de la educación regular, con los apoyos especiales adicionales que sean necesarios para que ellos progresen en el plan de estudio común, teniendo como horizonte la generación de estrategias para el acceso, participación y progreso en el currículo común y en los escenarios de la enseñanza regular. En relación con los recursos de aprendizaje, actualmente se adquieren y distribuyen 308 bibliotecas de aula, entre ellas 8 bibliotecas parlantes para alumnos ciegos [24].

La política de integración impulsada por el Ministerio de Educación ha buscado principalmente lograr aumentar el número de alumnos integrados, lo que ha tenido distintas reacciones en la comunidad educacional. Existe mucha controversia sobre los proyectos de ley relacionado con las Escuelas Especiales, y las subvenciones que reciben. Una corriente plantea que el envío al Congreso del Proyecto de Ley para modificar el DFL N° 2 de 1998 sobre subvención escolar es una excusa para poder terminar con las Escuelas Especiales, y de establecer un sistema único y uniforme de educación, con currículum común, en el que los alumnos con necesidades educativas especiales sean atendidos dentro de los establecimientos tradicionales, con mínimo de horas destinadas a sus necesidades y tendiendo a la disminución de aquella atención a medida que los niños se vayan insertando en el sistema regular. Más aún, a juicio de la CONADEE, el propósito de cerrar las Escuelas Especiales se relaciona con instaurar un sistema de escuela única inclusiva, que limita las opciones educativas de los padres, no considera la realidad actual del sistema de educación pública y fomenta una política de integración que sólo busca aumentar la cobertura y no resuelve el problema de fondo de la calidad de la educación, reproduciendo espacios de segregación en las escuelas regulares.

El Estado chileno está a favor de la inclusión, y por eso favorece a las escuelas fiscales y subvencionadas que incluyen entre sus alumnos a niños con discapacidad, subvención que es cuatro veces mayor que la regular. Pero el Estado también reconoce que el sistema educacional tiene defectos que tienen que ver con el perfeccionamiento de los profesores, y que a ellos aún les faltan herramientas para tratar con niños con discapacidades. En Chile todavía es libertad de cada colegio aceptar o no a un niño con dificultades [20], como indica el Ministerio de Educación, a ninguno se le obliga, por lo que la tarea está en convencerlos. Y se espera que un sistema como el propuesto en este trabajo sea un aporte en este sentido, ya que como el Ministerio lo indica, existe la *“necesidad urgente de crear nuevas condiciones tanto en la Educación Especial como Regular para dar respuestas educativas ajustadas y de calidad, que favorezcan el acceso, la permanencia y el egreso de estos alumnos y alumnas en el sistema escolar”* [24].

El sistema educacional chileno común aún no está preparado para una plena integración de alumnos con discapacidades visuales. Entre algunos de los requisitos que se exigen para un buen desempeño dentro y fuera de la sala de clases están un coeficiente intelectual

elevado, un desarrollo aceptable del aspecto cognitivo y poseer cierto grado de independencia e iniciativa. Además de esto persiste la idea equivocada de que un niño con discapacidad visual necesariamente tiene un retraso escolar, y por lo tanto debe estar con niños de menor edad, o que si está con los de su misma edad, retrasará a sus compañeros.

Aún más, el propio Ministerio de Educación ha demostrado una seria inconsistencia y contradicción con respecto a la integración e inclusión social, ya que sus mismos directivos han marginado a niños ciegos en el contexto escolar. Por un lado, el Ministerio incentiva y promulga la integración, pero por otro lado, no hace simple el proceso de adquirir el material académico por parte de los establecimientos educacionales (en particular los privados), ni tampoco permite que niños con discapacidad visual participen de exámenes nacionales como el SIMCE, lo que es una manifiesta discriminación, que ha provocado la frustración tanto de los alumnos con discapacidad (que son marginados durante la prueba), así como de los profesores (que están a favor de que no solamente ellos puedan rendir este examen, sino que incluso que sus puntajes sean incluidos dentro de la puntuación del colegio).

## **2.6 Necesidades educativas de las personas con discapacidad visual**

Las personas ciegas presentan una serie de necesidades educativas especiales asociadas a sus limitaciones. Ellos necesitan que el entorno compense los sentidos restantes, en particular el oído, el tacto y sus posibles restos visuales, y necesitan desarrollar habilidades de autonomía y movimiento que signifiquen una mayor independencia. A esto se le suman habilidades emocionales para enfrentar la frustración que pueden sufrir, y habilidades sociales, pues no tienen las mismas posibilidades de relacionarse con los demás.

A nivel motriz, los ciegos en general presentan un retraso en las habilidades motrices básicas, presentan retraso o inexistencia del conocimiento corporal, y retraso o inexistencia de la conducta motriz imitativa, entre otros. A nivel cognitivo, un niño ciego es absolutamente normal. El discapacitado visual no implica retraso mental, sólo presenta diferencias en la percepción, utilizando modalidades sonoras y kinestésico-táctiles, a diferencia de los videntes que además utilizan la modalidad visual [17].

La mayoría de los profesionales del área reconoce la importancia de comenzar con la enseñanza de las diferentes técnicas de M&O lo más tempranamente posible, lo que además debe ser un trabajo constante y consistente hasta que la persona puede desplazarse de forma independiente y segura [8].

## **2.7 Acceso a lecciones de Movilidad y Orientación**

Todos los niños con discapacidad visual deben aprender técnicas de M&O. En la actualidad, los niños que asisten a escuelas diferenciales reciben estas lecciones en forma integral, en donde se les enseña, entre otros, técnicas de protección personal, desplazamiento y el desarrollo de habilidades necesarias para la utilización del bastón. En el caso de las escuelas y colegios integrados, no existe una regulación clara sobre cómo deben proceder los

estudiantes integrados y profesores. En muchos casos, por simple desconocimiento –tanto de los padres como de los profesores– los niños no reciben ningún entrenamiento formal en el mismo establecimiento, recibiendo en algunos casos sólo unas horas en forma particular. Y si efectivamente pueden recibir las lecciones en el mismo establecimiento, uno de los principales problemas que se han detectado –no sólo en Chile, sino en diferentes lugares del mundo– es que para la enseñanza de M&O en colegios integrados se utilizan horarios extraordinarios, es decir, después de las horas de clases. Esto tiene como consecuencia que los horarios de los niños sean sobrecargados (en algunos casos consecuencia de las distancias que tiene que cubrir el especialista de M&O para llegar a sus alumnos), y limitados en cuanto al tiempo disponible para el desarrollo de las clases de M&O. Por estas razones, así como por la naturaleza de los programas en general, disminuye el interés y la motivación de los niños, así como también se aprecia una falta de iniciativa y pro actividad [23].

# III

## MARCO TEÓRICO

# Marco Teórico

## 3.1 Movilidad y Orientación (M&O)

La Movilidad y Orientación nació originalmente para asistir a los veteranos de guerra que habían quedado ciegos, pero luego se expandió para entrenar a personas con discapacidad visual desde una temprana edad hacia su adultez. Los objetivos que se persiguen utilizando conceptos de Movilidad y Orientación son enseñar a los niños ciegos a desplazarse por el mundo sin hacerse daño, sin hacer daño a los demás y sin hacerle daño al espacio que los rodea.

El término “Movilidad” se refiere a las técnicas y dispositivos que son utilizados para mantener a los estudiantes con discapacidad visual a salvo mientras se desplazan. Una movilidad exitosa se refiere además a que el estudiante ciego es tanto eficiente como seguro; es decir, no se desplaza ni muy lento ni excesivamente rápido [4]. La movilidad se puede analizar en varios niveles, dependiendo si se refiere a desplazamientos con guías videntes, desplazamiento independiente en interiores, en exteriores próximos y conocidos e independencia total. La Movilidad puede definirse como *“la capacidad inherente a todo ser biológico y que consiste en la habilidad del individuo de desplazarse de un lugar a otro en forma eficaz, respetando sus características propias”* [29].

El término “Orientación” se refiere a la capacidad que tiene la persona de saber dónde se encuentra, y por lo tanto, cómo llegar de un lugar a otro sin extraviarse. Una buena orientación incluye la capacidad de utilizar los sentidos restantes para identificar puntos de referencia o señales [4]. Enseñar orientación consiste en proporcionar al sujeto los conceptos espacio-temporales y el suficiente conocimiento del entorno para que sea capaz de situarse y saber el lugar que ocupa en cada momento en el espacio. La orientación es un proceso de largos años en que se combinan actividades de desarrollo sensorial, la psico-motricidad y el conocimiento del medio que lo rodea.

La M&O tiene relación con la **navegación** de las personas. Es enseñar a individuos ciegos a moverse en forma segura, eficiente, cómodamente y en forma precisa. En la ausencia o limitación del estímulo de la vista, tanto la orientación como la movilidad se ven afectadas. Se sigue teniendo conciencia de sí mismo, de espacialidad, de temporalidad, etc. pero los mecanismos para orientarse son distintos a cuando se posee visión, y en donde la audición, memoria y kinestesia<sup>1</sup> deben potenciarse para poder suplir el rol de la vista [21].

El desarrollo de habilidades de M&O en niños ciegos es un proceso lento, y que requiere un extenso entrenamiento, el cual comienza con la capacidad de identificar la propia posición en el espacio, y así establecer las relaciones con los elementos importantes del ambiente. La adquisición formal de estas habilidades recibe el nombre de “Movilidad y Orientación”, y que puede definirse como *“El proceso de instruir a individuos que son*

---

<sup>1</sup> La Kinestesia (o Cinestesia) significa sensación o percepción del movimiento. Es la sensación que un individuo tiene de su cuerpo y, en especial, de los movimientos que éste realiza.

*discapacitados visuales a maximizar el uso de sus sentidos restantes para moverse a salvo en el ambiente” [33]. De acuerdo a la Universidad de Colorado, donde se imparte una licencia para especialistas de M&O, se definen federalmente los servicios de ésta como [63]: “Servicios otorgados a estudiantes ciegos o con discapacidad visual por parte de personal calificado, para permitir a esos estudiantes obtener orientación sistemática y un movimiento seguro dentro de sus ambientes como escuela, casa y comunidad”.*

Movilidad no implica orientación. Es posible que un individuo tenga muy desarrolladas las habilidades de movilidad, pero que posea una debilidad en orientación. De igual manera, una persona puede poseer buenas habilidades de orientación, pero no ser capaz de desplazarse en forma independiente. Para lograr una navegación independiente, directa y segura, es necesaria una combinación efectiva de ambas habilidades [65].

Para poder comprender la importancia de la M&O en las personas ciegas, es necesario primero alcanzar un entendimiento sobre cómo se desplazan las personas ciegas, qué habilidades utilizan, y cuáles son los principales problemas que enfrentan. Esto se trata en el siguiente capítulo.

## **3.2 Desplazamiento de las Personas Ciegas**

### **3.2.1 ¿Cómo se mueven las personas?**

Al ingresar a una zona desconocida, las personas comienzan un proceso de exploración que comprende diferentes etapas. Primero se realiza una exploración inicial –altamente consciente– en la cual se distingue y selecciona un punto de referencia. A partir de éste punto de referencia se procede a navegar hacia diferentes direcciones, construyendo conocimiento sobre otros puntos de referencia, su posición entre ellos, y cómo las relaciones espaciales cambian desde diferentes ángulos. A partir de esta exploración las personas comienzan a formar un modelo mental del entorno recorrido. Los adultos videntes son capaces de estudiar el entorno, utilizar mapas e incluso preguntar por indicaciones, y de crear un mapa visual rápidamente [5].

En las personas ciegas, la información ambiental clave debe ser construida por medio de las relaciones espaciales adquiridas por los sentidos restantes. Pese a esta limitación, sus habilidades de mapeo cognitivo son lo suficientemente flexibles para adaptarse a esta pérdida sensorial. Incluso los ciegos congénitos son capaces de manejar conceptos espaciales y son navegadores competentes [34]. Los niños ciegos son capaces de asimilar solamente trozos del entorno, y en una forma considerablemente más lenta que sus pares videntes. Ellos comienzan por analizar e identificar puntos de referencias, luego los unen para formar rutas, y finalmente forman representaciones mentales de trozos del entorno a través de los cuales pueden navegar y orientarse [5]. Independiente del individuo, el conocimiento espacial es adquirido en general a través de tres medios: exploración, explicaciones verbales y la utilización de representaciones gráficas como mapas o esquemas.

En la jerarquía de los sentidos, la visión es la que predomina sobre los otros. Si este canal se encuentra ausente o disminuido substancialmente, el oído es el que toma el rol protagónico. Además de ser utilizado para la comunicación, para los ciegos tiene una trascendencia particular al ser uno de los principales medios para orientarse en el espacio más allá de su alcance físico, y es la base para la detección y evasión de obstáculos [28]. Los ciegos dependen casi completamente de la audición para percibir el ambiente no inmediato [50]. Es pertinente mencionar además que, contrario a lo que la gente común cree, los ciegos no poseen una “mejor audición” que los videntes, pues los umbrales sensoriales son los mismos, sino que son capaces de decodificar la información recibida por canales como el oído y el tacto de una manera más eficiente que las personas videntes [1].

La habilidad de orientarse en el entorno es algo necesario para cualquier persona, tanto para ciegos como videntes. La diferencia radica en los medios perceptivos que son utilizados. A excepción de estar en la oscuridad, en donde los medios táctiles son utilizados, las personas videntes dependen casi completamente de la visión para guiarse, con la ayuda de algunas señales auditivas para áreas fuera del campo de la visión. Las personas ciegas deben interpretar de la mejor manera posible cualquier combinación de señales táctiles, auditivas y kinestésicas que el escenario les entregue [28]. Es decir, la diferencia en los estímulos sensoriales que percibe el ciego y el vidente no es de orden cuantitativo sino cualitativo, pues cada persona organiza de diferente modo los diversos elementos sensoriales que percibe.

La persona ciega debe emplear más tiempo que la vidente en explorar el espacio y en examinar los objetos para llegar al mismo nivel de comprensión espacial. Los videntes utilizan representaciones que dependen del punto de referencia, gracias a lo cual –desde cualquier ubicación– la persona es capaz de ver instantáneamente cómo el mundo ha sido reposicionado, y cómo los objetos han cambiando con respecto a su nueva posición. Las personas ciegas no poseen la capacidad de representar instantáneamente el mundo a través de puntos de referencia. Ellos deben construir mapas mentales de rutas y distribuciones del espacio, y realizar proyecciones a través de memorias no visuales. Deben aprender a explorar y a investigar activamente el entorno [5]. En cuanto al desarrollo neuromuscular necesario para el desplazamiento, tanto el niño ciego como el vidente desarrollan patrones similares. La diferencia está en que la motivación asociada para la movilización se desarrolla más lentamente en los ciegos, debido a la inseguridad para caminar en forma independiente que provoca la falta de visión [1].

El término “orientación espacial” o “sentido espacial” se refiere a la habilidad natural que poseemos los seres humanos para mantener nuestra orientación corporal o postura en relación con el ambiente (espacio físico), tanto en reposo como en movimiento. Para las personas ciegas es difícil y peligroso desplazarse porque no pueden saber dónde están las cosas, es decir, sus problemas de desplazamiento pueden expresarse como un problema del sentido espacial. Para un desplazamiento seguro, ellos deben poseer un conocimiento del entorno. Enfrentan muchos peligros mientras caminan, y por lo mismo las primeras tecnologías de apoyo a la movilidad intentaban entregar la mayor cantidad posible de información sobre el entorno, lo que resultaba en demasiada información innecesaria que solo confundía al usuario [82]. Por este motivo es necesario velar porque la información que

se le entrega al usuario sea la necesaria y suficiente, sin provocar una sobrecarga cognitiva ni cubrir las señales auditivas que las personas ciegas utilizan como guías.

Loomis *et al.* [49] plantean que la navegación consiste en conocer la posición de uno mismo en el ambiente, y planear rutas de punto a punto en ese entorno. La capacidad de navegar por espacios en forma independiente, segura y eficiente, es una combinación de habilidades motoras, sensoriales y cognitivas. El ejercicio regular de estas habilidades tiene una influencia directa en la calidad de vida de los individuos [45]. El mapeo mental de espacios, y de los posibles caminos para navegar por esos espacios, es esencial para el desarrollo de habilidades de orientación y movilidad eficientes. En los videntes, la mayoría de la información requerida para este mapeo mental es reunida a través del canal visual. En consecuencia, las personas ciegas –que no tienen acceso a esta información– tienen grandes dificultades en generar mapas mentales<sup>1</sup> eficientes de los espacios, y en consecuencia, en navegar eficientemente por dichos espacios [45]. Como resultado, las personas ciegas se convierten en pasivas, dependiendo constantemente de la ayuda de otros.

Miller [51] plantea que la habilidad para navegar depende de la capacidad y el desarrollo de tres aspectos en la persona: evasión de obstáculos, información de ruta e información de *landmarks* o puntos de referencia. La evasión de obstáculos es esencial para desplazarse y obtener información del entorno. La información de ruta se refiere a la capacidad de la persona ciega de reconocer características propias de rutas particulares familiares para él (por ejemplo, el camino de su casa al lugar de trabajo). Los puntos de referencia permiten ubicarse espacialmente, por ejemplo, a través del olor de la panadería, o a través del sonido, al pasar por afuera de una construcción.

Loomis *et al.* [49] indican que existen dos maneras distintas para conocer la posición y orientación durante la navegación: la navegación basada en *landmarks*, y la integración de caminos. En la navegación basada en *landmarks* las personas (y animales también) utilizan puntos de referencia visuales, olfativos, auditivos y táctiles para obtener información de la actual posición y orientación. Esto se integra al mapa cognitivo que posee el navegante. En la navegación basada en integración de caminos, el navegante utiliza la sensación de movimiento para ir actualizando su actual posición y orientación en relación con algún punto de partida.

Baldwin [5] plantea que existen dos tipos de navegación. En la primera de ellas, las personas utilizan *landmarks* a medida que éstas van apareciendo y siendo sobrepasadas en el camino. En un segundo tipo de navegación se utilizan los puntos de referencia distantes, que no aparecen directamente en la ruta que se está navegando, pero que aún así son reconocibles. El humo de una fábrica lejana, una montaña distante, e incluso la posición del sol son puntos de referencia que pueden ser reconocidos, pese a que nunca aparezcan físicamente en el camino.

---

<sup>1</sup> Los mapas mentales (también espaciales o cognitivos) se refieren al “conocimiento de un individuo de las relaciones espaciales y ambientales, y los procesos cognitivos asociados con la codificación y recuperación de la información con la cual está compuesto” [7].

Loomis & Golledge [48] plantean que las personas pueden navegar utilizando dos funciones distintas; percibiendo y evadiendo obstáculos y peligros, y navegando a destinos remotos<sup>1</sup>. La navegación incluye ir actualizando la posición y orientación de la persona, a medida que se desplaza hacia un cierto destino.

Schneider & Strothotte [83] señalan que, de acuerdo a la psicología de la Movilidad, las personas ciegas que desean navegar en forma independiente deben “*memorizar la distribución de una cierta zona, aprender los segmentos de caminos que existen, y los ángulos entre ellos, y deben reconocerlos durante la exploración*”.

De acuerdo a las etapas involucradas en la navegación de las personas ciegas, Piaget & Inhelder [5] propusieron que existen tres etapas para la comprensión de entornos. El primer paso es la obtención del conocimiento de *landmarks*, seguido por conocimiento de rutas, y finalmente por la habilidad de crear mapas mentales. Siegel & White [86] extendieron el postulado, señalando que las etapas involucradas eran el aprendizaje de *landmarks*, seguido por el conocimiento de rutas, el aprendizaje de “mini-mapas” (espacios de menor escala), y que concluía con la combinación de mini-mapas para la construcción de mapas cognitivos de gran escala.

Entregar la información espacial apropiada a través de canales sensoriales compensatorios contribuye al mapeo mental de espacios, y en consecuencia, al desempeño espacial de los ciegos. A través de entrenamiento, la audición puede proveer de un sistema de alerta, precaución y escaneo, que permite mantener una percepción constante del espacio tridimensional, además de apoyar el desarrollo del sentido de orientación espacial y de las distancias, así como también apoyando la detección y evasión de obstáculos por parte de los ciegos [33].

La investigación sobre movilidad de personas ciegas en espacios desconocidos indica que el apoyo para el desarrollo de mapas espaciales y habilidades de orientación debe ser entregado en dos niveles: perceptivo y conceptual [25], [99]. En el nivel perceptivo la deficiencia del canal visual debe ser compensada con información percibida a través de canales alternativos, en particular el tacto y el oído. En el nivel conceptual, el enfoque debe ser en apoyar el desarrollo de estrategias apropiadas para un mapeo del espacio eficiente, y en la generación de rutas de navegación [45].

Algunos autores [36] incluso plantean la existencia de dos “sentidos” adicionales en los ciegos; la *visualización* y el sentido *kinestésico*. La visualización es la capacidad de formarse imágenes mentales en base a descripciones verbales e información háptica. El sentido kinestésico se puede definir como el conocimiento de la posición del propio cuerpo de los cambios de esa posición producidos por los músculos y articulaciones. Este sentido es el que nos permite, por ejemplo, escribir en el computador sin necesidad de mirar las teclas. Incluso se ha propuesto que las personas ciegas utilizan una herramienta adicional como apoyo en su desplazamiento; el llamado “*sentido del obstáculo*”, que es el proceso perceptual que permite a las personas (ciegos y videntes) tener conciencia de un obstáculo u

---

<sup>1</sup> Es decir, más allá del entorno perceptible en lo inmediato.

objeto cerca de ellos, sin la ayuda de la visión. Si bien algunos ciegos mencionan tener conciencia de la presencia de un obstáculo, no son capaces de describir cómo obtienen esta conciencia. Algunos ciegos afirman experimentar una sensación dérmica particular, mientras que otros indican que “oyen” aproximarse los obstáculos [38].

Con respecto a las estrategias de navegación que utilizan las personas, Lahav & Mioduser [46] distinguen dos estrategias principales: de ruta y de mapeo. Las estrategias de ruta se basan en el reconocimiento lineal (y por ende secuencial) de las características espaciales. Las estrategias de mapeo engloban múltiples perspectivas del espacio objetivo, y por lo tanto son consideradas más eficientes que las estrategias de ruta [42]. Las personas ciegas utilizan principalmente estrategias de rutas para reconocer y navegar por nuevos espacios, ya que ellos generalmente realizan un recorrido perimetral, apoyando una mano en una pared o línea de edificación y recorriendo todo el contorno del espacio. De acuerdo a [45], [46], [47], [41] es posible distinguir seis estrategias de navegación principales en las personas con discapacidad visual (Tabla N° 4).

**Tabla N° 4. Estrategias de exploración.**

<b>Estrategia</b>	<b>Descripción</b>
Perimetral	Se exploran los bordes del entorno, con el fin de identificar la forma, tamaño y elementos importantes del perímetro.
Grilla	Se investigan los elementos internos del área, con el fin de aprender las relaciones espaciales, tomando rutas rectas desde un lado del ambiente al otro.
Puntos de referencia (landmarks)	Se camina por el espacio detectando puntos de referencia y la relación entre ellos y el entorno.
Objeto a objeto	Se desplaza repetidamente desde un objeto a otro, o sintiendo la relación entre ellos utilizando el bastón o las manos.
Perímetro a objeto	Desplazamiento repetido entre un objeto y el perímetro.
Punto de partida a objeto	Desplazamiento repetido entre el punto de partida de la exploración y todos los objetos por turno.

Estas estrategias pueden seguir patrones *cíclicos* –en los cuales se visitan cada uno de los elementos por turno, y luego se retorna al primer objeto– o patrones de *adelante y atrás*, donde se realiza desplazamientos repetidos entre dos objetos.

En una experimentación realizada por Gaunet & Thinus-Blanc [41], los autores encontraron que los patrones cíclicos fueron utilizados principalmente por ciegos congénitos. La exploración que siguen estos patrones fue además asociada con un bajo desempeño en una serie de pruebas de conocimiento espacial. La exploración que sigue patrones de adelante y atrás fue utilizada principalmente por ciegos tardíos o adquiridos, e incluso por videntes con los ojos vendados, y fue asociada con un buen desempeño en la navegación. Los autores sugirieron que la exploración cíclica forma la base de la representación secuencial, mientras que las estrategias de adelante y atrás (como la de objeto a objeto) forman la base de una representación más integrada.

### **3.2.2 Dificultades en el desplazamiento**

Con el fin de utilizar una terminología común, se hablará de *Navegación Exterior* al desplazamiento de las personas ciegas en espacios exteriores, donde dicho desplazamiento es considerablemente mayor al que puede ocurrir en el interior de un edificio, por ejemplo. Por *Navegación Interior* se referirá al desplazamiento de los individuos en espacios cerrados

de pequeña-mediana envergadura. En ambos casos hay diferentes riesgos asociados, y exigen diferentes habilidades a la persona ciega para orientarse y protegerse tanto a ella como a las demás personas que se encuentran a su alrededor.

Es un hecho que las habilidades para desplazarse varían de persona en persona, y también varían dependiendo de si el individuo posee ceguera adquirida o congénita. Los primeros poseen mejores habilidades espaciales, porque ya han tenido la oportunidad de desarrollar conceptos espaciales antes de quedarse ciegos. Pese a estas diferencias, hay dos pasos básicos en la navegación que son comunes para todos [51]. El primero de ellos consiste en adquirir la información desde el ambiente. La falta de visión limita las entradas perceptuales y se convierte en una gran desventaja al momento de obtener información relevante. El segundo paso consiste en filtrar y procesar esta información para crear un mapa cognitivo del entorno. El poseer un mapa completo es lo que permite el desplazamiento de las personas. Por supuesto, al poseer información incompleta del ambiente, no es posible construir un mapa completo, lo que afecta considerablemente la capacidad de los individuos de saber dónde se encuentran en un momento dado.

Algunas dificultades genéricas que las personas con discapacidad visual encuentran al desplazarse son localización y percepción del ambiente, escoger y mantener la orientación correcta, y detectar los posibles obstáculos [101]. Jacobson & Kitchin [35] señalan que el problema más significativo en los ciegos tiene que ver con la incapacidad de poder navegar independientemente e interactuar con el resto del mundo, y en donde la exploración puede llevar a desorientarse, lo que es acompañado por miedo, stress y al pánico asociado a sentirse perdido.

Un gran riesgo que corren los ciegos cuando se desplazan son los obstáculos (descensos, peldaños y objetos) que no pueden detectar con el bastón, y que no están conectados directamente con el suelo [82]. Si bien es necesario tener presente que todo niño ciego, independiente del tipo de escuela al que asista, siempre está en riesgo de sufrir un accidente o daño físico, también es cierto que este riesgo es mayor que el de los niños videntes. Aún así, pese a contar con menos recursos para protegerse en el momento, la probabilidad de que el accidente ocurra es menor de lo que los padres y profesores tienden a pensar.

La navegación basada en puntos de referencia propuesta por Loomis *et al.* [49] se convierte en un problema puesto que la información de *landmarks* es representada generalmente por un medio visual (un edificio de cierta altura, una muralla de cierto color, etc.), por lo que los ciegos deben navegar utilizando información obtenida y aprendida previamente —a través de un mapa táctil, por ejemplo— y que puede ser utilizada para navegar por el ambiente. El problema principal es que los individuos ciegos no poseen la misma capacidad de los videntes de utilizar información de puntos de referencia *in situ*, para chequear posibles errores de navegación, lo que es aún más complejo cuando el ambiente es desconocido [11].

Ran *et al.* [66] plantean que la principal dificultad que tienen los ciegos en el contexto de M&O es saber dónde se encuentran en un determinado instante o hacia dónde se dirigen. Frecuentemente se desorientan o aíslan, por lo que un guía de navegación es muy importante

para ellos. Para los autores, la navegación involucra procesos de actualizar la posición y orientación del individuo, mientras éste intenta navegar una cierta ruta. El concepto de navegación además incluye el reorientar a las personas si se pierden. El concepto de guía tiene relación con aumentar la cantidad de información que reciben los individuos, proveyéndoles de información contextual como detección de obstáculos y rutas óptimas.

Pese a todas las especificaciones mencionadas sobre cómo las personas navegan los espacios, y los problemas que enfrenta una persona con discapacidad visual, es natural que surja la duda de si las personas ciegas son realmente capaces de navegar y comprender un entorno al mismo nivel de lo que son capaces los videntes. Esta duda se acentúa cuando consideramos el hecho de que los principales canales por medio de los cuales las personas con discapacidad visual obtienen información son el háptico y el auditivo. Ungar [41] plantea que si bien por medio del canal háptico se puede de alguna manera lograr una exploración periférica (examinando un mapa por medio del tacto, por ejemplo), tiene las limitantes de no poseer un mecanismo para llamar la atención hacia alguna dirección particular, además de requerir que los elementos que no están actualmente siendo explorados sean mantenidos en la memoria.

La visión en cambio, provee de una percepción simultánea de un área espacial de gran tamaño, y es más fina que la audición en términos de precisión en la localización y en la identificación de objetos. Estas ventajas de la percepción espacial obtenidas por medio de la visión han llevado a muchos investigadores a creer que las personas con discapacidad visual deben ser necesariamente deficientes en cuanto a habilidades espaciales. Ungar afirma además que, es posible concluir que tareas espaciales a menor escala son desempeñadas en forma apropiada por ciegos congénitos, en comparación con ciegos adquiridos o videntes. El autor señala que *“la falta de experiencia visual tiende a desarrollar estrategias de codificación basadas en el movimiento o centradas en el cuerpo, [...] y que generalmente demuestran ser funcionalmente equivalentes a las utilizadas por los individuos videntes [...] los individuos ciegos o con ceguera adquirida tempranamente tienen el potencial de utilizar estrategias basadas en codificación externa”*. Las estrategias basadas en codificación externa (como lo son representaciones integradas o de mapas) son en general más eficientes y confiables cuando se necesitan tareas de inferencia, particularmente en espacios de mayor escala.

La mayoría de los estudios descritos por Ungar concuerdan que los ciegos congénitos se desempeñan tan bien como los ciegos adquiridos o los videntes vendados en tareas que involucran memoria espacial (ángulos, distancias), pero que en tareas que involucran inferencia espacial (como tomar atajos) los resultados fueron más bien inconsistentes. Si bien fue posible apreciar que los ciegos congénitos se desempeñaron en general de peor manera, el autor plantea que es posible afirmar con seguridad que la falta de la experiencia visual no previene la adquisición de representación espacial.

### 3.3 Importancia de la M&O

Para todas las personas, ya sean ciegas, con discapacidad visual, o sin trastornos en la visión, su calidad de vida está altamente ligada a la habilidad de poder tomar decisiones espaciales informadas, a través del procesamiento y síntesis de la información, en una variedad de situaciones, a diferentes escalas [35].

La carencia o disminución de un sentido como la vista afecta tanto la orientación como la movilidad. La persona con discapacidad visual sigue teniendo conciencia de sí mismo, del espacio, del tiempo, pero los mecanismos que utiliza para orientarse y desplazarse son diferentes, mecanismos que deben apoyarse en los sentidos restantes para proveer de la información necesaria mientras el individuo se desplaza. La persona ciega tiene una necesidad imperante de conocer el medio ambiente que la rodea, las dimensiones del espacio, elementos que la componen, su ubicación, etc. Necesita conocer cuál es su posición con respecto a las cosas, y qué ocurre con ellas cuando se desplaza.

Para la mayoría de las personas con discapacidad visual la mayor barrera al momento de mejorar su calidad de vida tiene que ver con la incapacidad de navegar, la cual les niega un acceso igualitario a edificios, limita sus posibilidades de utilización del transporte público, y convierte –considerando por ejemplo a Estados Unidos– a las personas con discapacidad visual como el sector con mayores tasas de desempleo [43]. Orientarse espacialmente es el mayor problema enfrentado por individuos con un nivel severo de pérdida de visión [67], lo que incluye determinar la propia posición, la dirección y la falta de información sobre objetos cercanos y lejanos [32].

El proceso de educación y rehabilitación de los individuos ciegos para lograr un desplazamiento independiente es conocido como M&O, donde se busca “*proporcionar a la persona ciega o con baja visión la capacitación sensorial, cognitiva, psico-motriz y técnicas específicas; que le permitan un desplazamiento seguro e independiente, para facilitar su autonomía en su integración familiar y social*” [29]. La navegación debe convertirse en una habilidad inconsciente en los individuos ciegos, tal como se desarrolla naturalmente en las personas videntes. Lograr buenas habilidades de movilidad y orientación depende de una atención motora temprana, especialmente en el caso de los ciegos congénitos. Es importante además que no exista una sobreprotección que los inhiba a desplazarse y experimentar con su entorno.

La M&O es un concepto mucho más amplio que enseñar a utilizar correctamente el bastón. Es enseñar al niño a organizar, familiarizarse y comprender su entorno. Es aprender a utilizar todos los sentidos (incluso los más disminuidos) para poder orientarse y desplazarse por el entorno. El objetivo principal de la M&O es lograr la independencia de la persona ciega, en diferentes niveles. Lograr una independencia *espacial*; es decir, que el individuo sea capaz de conocer y desplazarse hábilmente por entornos cada vez más complejos; una independencia de *movimiento*, con la cual las personas ciegas puedan dirigirse a donde quiera que lo deseen sin asistencia; y una independencia *personal*; es decir, que no dependan de otras personas para navegar.

Todo esto tiene como consecuencia mejorar la calidad de vida de los estudiantes ciegos, los cuales deben ser motivados para que se conviertan en personas tan funcionales y exitosas como cualquier miembro vidente de la sociedad [4]. La calidad de vida tiene que ver con la felicidad, inspiración, seguridad, y con un sentido de pertenencia en la comunidad. A través de la M&O una persona ciega (congénita o adquirida) se pone en contacto con su ambiente social, educacional, vocacional y económico. El ciego como ser funcional independiente es lo que permite su aceptación en comunidad [63].

Es esencial además que las personas con discapacidad visual comiencen su entrenamiento de M&O lo más tempranamente posible. Kish et al. [40] plantean que muchos conceptos espaciales y patrones motores se desarrollan muy temprano en la niñez, por lo que mientras antes un niño aprenda a desplazarse de manera segura y efectiva, antes aprenderá el conocimiento crítico del mundo y desarrollará estructuras conceptuales y de movimiento. Esto conlleva a una actitud más activa que pasiva en cuanto a la interacción con el entorno, ya que aprenden a actuar sobre él y no solamente a reaccionar frente al ambiente. Uno de los mayores problemas de la enseñanza de M&O en la actualidad tiene que ver con qué tan aplicables son estas técnicas para niños con discapacidad visual. Esto ocurre porque en sus orígenes las técnicas de M&O estaban orientadas para los veteranos de guerra, sumado a que, como indican los autores, el 90% de la población ciega en Estados Unidos siempre ha estado compuesta por adultos, por lo que el currículo de M&O fue diseñado precisamente para eso: enseñarle a adultos.

### **3.4 Técnicas de Navegación de las Personas Ciegas**

Existe una serie de técnicas (también llamadas *habilidades*) de Movilidad y Orientación que las personas ciegas pueden utilizar para desplazarse por el entorno. Algunas utilizan elementos auxiliares de movilidad (como las técnicas de guía vidente, de bastón largo, perros guías y ETAs), mientras que hay otras que no utilizan elementos auxiliares (como la técnica de rastreo). Un mayor detalle de la información que se muestra a continuación puede ser obtenida de [56] y [29].

#### **3.4.1 Guía vidente**

Se refiere a personas videntes que ayudan a los individuos ciegos a desplazarse (Figura 1). No se refiere a aquellos guías ocasionales (por ejemplo alguien que ayuda a un ciego a cruzar una calle), sino a guías habituales, que han sido preparados por los instructores de M&O sobre cómo guiar correctamente a una persona ciega –al pasar por lugares estrechos, indicando posibles puntos de referencia, y otros.

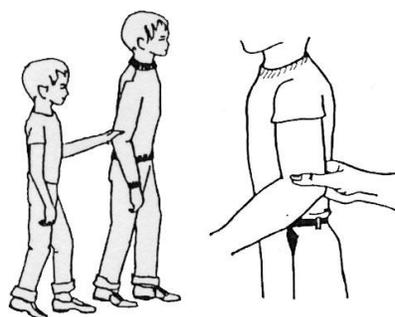


Figura 1. Guía Vidente

### 3.4.2 Bastón largo

La utilización del bastón largo o blanco<sup>1</sup> como técnica de M&O es, por un largo margen, la que tiene mayor masificación y utilización a nivel mundial [85]. Además de ser económico (en comparación con los perros guías y los actuales dispositivos electrónicos de navegación), el bastón se caracteriza por una alta portabilidad y utilidad para las personas ciegas. Claramente, es necesaria una preparación previa al uso del bastón, que proporcione al individuo de las habilidades necesarias para lograr utilizar esta herramienta de la forma correcta. Aún así se considera que el bastón es el instrumento actual más apropiado para la mayoría de los ciegos, es económico (entre \$9.000 y \$15.000 pesos aproximadamente) y fácil de obtener [36]. La duración de un bastón se estima en cerca de 10 años, aunque esto depende del usuario y la calidad del material con el que esté confeccionado.



Figura 2. El bastón largo.

El bastón largo (Figura 2) sirve para detectar obstáculos (y así evitar golpes), además de proporcionar información háptica sobre el camino que se está recorriendo, permitiéndole a la persona ciega detectar escalones, determinar texturas, etc. Las limitaciones principales del bastón son que sólo protege de obstáculos y agujeros que se encuentran en un limitado arco en el camino, y de la cintura hacia abajo. No protege la cara frente a ramas de árboles, lámparas colgantes, etc. Sólo detecta los obstáculos cuando están a un par de metros adelante, y requiere que el usuario esté muy concentrado mientras lo utiliza. El bastón entrega una medida de protección, pero no garantiza la seguridad. Tampoco sabe dónde uno

<sup>1</sup> El uso del bastón de color blanco comenzó después de la Primera Guerra Mundial, y hoy identifica mundialmente a la persona ciega como independiente y libre.

se encuentra o hacia donde quiere ir. En Estados Unidos, aproximadamente 109.000 personas con discapacidad visual utilizan bastones largos para desplazarse [87].

### 3.4.3 Perros guías

Se refiere a la utilización de perros especialmente entrenados que apoyan al normal desplazamiento de la persona ciega (Figura 3). Esta técnica está orientada principalmente para la navegación exterior. Estos animales reciben un entrenamiento extenso y riguroso, que permite apoyar a la persona ciega en un desplazamiento eficiente, independiente y seguro por las calles y evadiendo obstáculos.



**Figura 3. Perros Guías.**

Un perro guía está capacitado para viajar en diferentes medios de transporte (buses, metro, autos), son obedientes, controlan esfínteres y no causan molestias o riesgos para las otras personas.

En comparación con el bastón largo la utilización de perros guías es una técnica mucho menos difundida, asociada principalmente al alto costo asociado (adquisición, entrenamiento y mantenimiento). En el contexto de apoyar el desplazamiento de niños ciegos en una escuela, esta técnica es inviable pues además del alto costo asociado –y por ende, una gran barrera de entrada en la realidad chilena– utilizar perros guías es una técnica recomendada para personas adolescentes o adultas, pues tienen que poseer un cierto grado de madurez y estabilidad emocional como para poder hacerse cargo del animal [56], considerando responsabilidades de higiene, salud y alimentación (el perro guía no es una mascota), sin olvidar que es una técnica que se utiliza principalmente para la navegación exterior.

En Estados Unidos, cerca de 7 mil personas utilizan perros guías [87]. En Chile, en el año 2000 sólo cerca de 14 de estos animales se encontraban ayudando a la gente ciega del país. No es sencillo optar a un perro guía. En primer lugar es necesario postular y vivir en la escuela en donde se entrena al perro (por cerca de un mes), lo que significa un alto costo –el programa, el perro, viajes (en Chile no hay este tipo de escuelas de adiestramiento), de aproximadamente \$38.000 dólares (alrededor de unos 20 millones de pesos chilenos) [2].

Afortunadamente hay instituciones y empresas privadas que hacen aportes para solventar estos gastos, como la “*Leaders Dogs For The Blind*”<sup>1</sup> que entrega 10 perros al año a la “*Corporación de Usuarios de Perros Guías de Chile*”<sup>2</sup>. Algunas empresas chilenas también donan el alimento.

### 3.4.4 Rastreo

La técnica de rastreo (Figura 4) –también conocida como arrastre, seguimiento al tacto o deslizamiento con la mano– consiste en desplazarse siguiendo una línea de referencia (como una pared o mesa). La función de ésta técnica es detectar objetos o reconocer superficies que no están directamente en el camino (ventanas, marcos de puertas), así como para detectar objetos en diferentes superficies [21]. Es una técnica de interiores, ya que en exteriores está contraindicada [56].



Figura 4. Técnica de Rastreo.

### 3.4.5 Protección personal

Son técnicas utilizadas en interiores para que una persona ciega pueda desplazarse en forma segura, y pueda detectar obstáculos tanto al nivel de su cabeza (protección alta), como de su cintura (protección baja). Estas técnicas son las más básicas y las primeras que se enseñan a las personas ciegas (Figura 5).

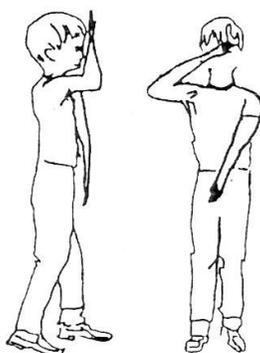


Figura 5. Técnicas de protección personal.

---

<sup>1</sup> [www.leaderdog.org](http://www.leaderdog.org).

<sup>2</sup> [www.cupgchile.cl](http://www.cupgchile.cl).

### 3.4.6 Puntos y pistas de referencia (Landmarks)

Consiste en aprender y reconocer puntos de referencia dentro del espacio, lo que permite ubicar elementos de acuerdo a su posición exacta (como puertas, escaleras), y de acuerdo a su posición aproximada (a través de por ejemplo, el olor de la cafetería o casino). De ésta manera el individuo ciego puede realizar recorridos utilizando los puntos de referencia que reconozca durante su desplazamiento.

La información de puntos de referencia permite ubicarse, y mediante la memorización de ellos, es posible reconstruir una ruta fácilmente a medida que éstos van apareciendo en el camino del individuo [11].

### 3.4.7 Mapas táctiles

Los mapas táctiles (Figura 6) consisten en mapas en relieve, que las personas ciegas pueden recorrer con sus dedos, y de ésta manera crear un modelo mental del espacio físico real que representan. La técnica de utilizar representaciones en relieve es utilizada en libros escolares (por ejemplo, para representar el cuerpo humano, geografía, etc.), además de ser utilizado en algunos recintos cerrados para guiar a las personas con discapacidades visuales.

La literatura indica que la utilización de mapas táctiles puede ayudar a la gente ciega a formarse una representación mental de la distribución del espacio de un ambiente particular, y que son un método de navegación valioso para las personas ciegas [11]. Los resultados de la experimentación han permitido concluir que los mapas táctiles –incluso siendo utilizados brevemente– son un medio efectivo para introducir un ambiente nuevo a las personas ciegas, permitido corroborar además que dichos individuos poseen habilidades espaciales para utilizar los mapas, así como también las habilidades necesarias para comprender la perspectiva aérea y las transformaciones de dimensión o escalamiento requeridos para relacionarlos con el mundo real [100].



Figura 6.

Mapas Táctiles.

Los mapas táctiles proveen de información espacial que preserva las interrelaciones entre los elementos del espacio, información que es presentada a escala y de manera clara (sólo los elementos relevantes se presentan, disminuyendo el “ruido”). Permiten ser explorados con relativa simultaneidad (utilizando las dos manos y con menor demanda de memoria), y sin las dificultades de la navegación real (desorientación y ansiedad) [41].

Finalmente, en comparación con el método tradicional de recorrer el lugar personalmente (familiarización directa) –lo que consume mucho tiempo y depende de un

guía vidente que describa todo el entorno— un mapa táctil posee la ventaja de poder ser estudiado con anterioridad, lo que aumenta la independencia del ciego, además de ser más eficiente en términos de tiempo y esfuerzo [11].

### **3.4.8 ¿Cuál elegir?**

Como se ha examinado en la sección anterior, existen una serie de técnicas que la gente ciega puede utilizar para desplazarse, pero éstas proveen de muy poca información sobre puntos de referencia [51], y sólo una minoría ha sido diseñada considerando los problemas reales de las personas ciegas. Lo primero que debe quedar especificado es que estas técnicas no son todas exclusivas entre sí, y que en general son utilizadas en forma complementaria en diferentes contextos. Por ejemplo, los mapas táctiles pueden ser utilizados para aprender con anticipación la distribución de un entorno particular, el que después puede ser navegado con la ayuda del bastón o de un perro guía para evitar obstáculos. También depende en gran medida de la persona, pues la comodidad que sienta por una u otra técnica dependerá en gran medida en sus habilidades y preferencias personales.

Aún así es posible hacer algunas comparaciones, con el fin de determinar las principales limitantes de cada una de estas técnicas, y las necesidades no resueltas por ellas. Todas tienen sus limitantes al momento de apoyar la M&O de las personas ciegas. La técnica de guía vidente no está alineada con el objetivo de lograr independencia de los niños, ya que requiere una persona vidente capacitada para guiar al ciego durante el desplazamiento, y generalmente es utilizada para que el individuo ciego conozca en forma preliminar un entorno no familiar.

El bastón permite detectar obstáculos y ser utilizado como medida de protección, pero no es una herramienta que permita saber exactamente dónde se encuentra el individuo ciego ni su orientación, ni protege desde la cintura hacia arriba, por lo que no garantiza la seguridad del usuario. Además, existe un gran costo oculto que son las más de 100 horas en las cuales el ciego debe entrenarse, y el hecho de que su eficacia dependa del contacto físico con los elementos puede ser inconveniente para el usuario y su entorno, al navegar, por ejemplo, una vereda muy transitada [85]. Los usuarios del bastón son incapaces de mantener una trayectoria recta sin información externa, y es necesaria la utilización del resto de los sentidos (audición y tacto) para poder lograrlo.

Los perros guías son muy útiles para evitar obstáculos, pero su utilización no está orientada para entornos cerrados, ni es factible en el contexto de la escuela. El bastón y los perros guías son limitados en ambientes cerrados desconocidos que son dinámicos y complejos, pues no tienen conocimiento topológico específico del entorno, y en consecuencia, no pueden entregar información acerca de caminos a destinos útiles para los usuarios [43]. Si se busca lograr un desplazamiento independiente, no solamente se deben esquivar elementos, sino que además encontrarlos. Heyes [30] plantea que las limitantes del bastón y de los perros guías tienen que ver con los problemas de orientación con respecto al ambiente (tanto local como en general), y con la detección de obstáculos no revelados por estas ayudas de movilidad primarias. La orientación con respecto al ambiente global puede ser apoyada por ejemplo con tecnologías de posicionamiento global (GPS) y las redes de

telefonía, que permiten localizar al usuario dentro de un contexto global. Los perros guías también requieren de un extenso entrenamiento y poseen un elevado costo. Incluso para muchas personas con discapacidad visual es complejo el hacerse cargo de otro ser vivo, por lo que la población que los utiliza es más bien reducida [85].

Los puntos de referencia son útiles solamente cuando son alcanzados (generalmente a través del contacto físico), ya que las pistas de referencias como el olor o sonidos característicos no siempre están disponibles, o pueden ser percibidos sólo bajo ciertas condiciones. Tampoco es útil plagar un entorno de puntos de referencia artificiales, pues la utilidad de éstos dependerá en gran medida de cada persona; una referencia útil para una persona ciega puede ser completamente inútil para otra.

Utilizar mapas antes de la navegación de una nueva ruta puede ser útil, pero exige una excelente memoria para seguir las rutas con éxito [67], [41]. Al mismo tiempo, no es posible esperar que un individuo porte consigo los mapas constantemente. Finalmente, los individuos en general utilizan los mapas solamente como un medio para seguir una ruta, y no para explorar la distribución global del entorno representado.

En el siguiente capítulo se presenta una técnica de apoyo a la M&O adicional surgida en los últimos años con la aparición de nuevas tecnologías, utilizando dispositivos electrónicos de navegación, tanto para entornos cerrados –o interiores– como exteriores.

### **3.5 Dispositivos Electrónicos de Navegación (ETAs)**

Los dispositivos electrónicos de navegación (ETAs por su sigla en inglés, Electronic Travel Aids) son formas de tecnologías de asistencia que tienen como fin apoyar y mejorar la movilidad y orientación de las personas ciegas durante la navegación en entornos cerrados o abiertos, ya sean familiares o desconocidos. Muchos esfuerzos se han realizado para complementar o reemplazar al bastón con ETAs al momento de asistir la navegación y la evasión de obstáculos de las personas ciegas. Todos ellos utilizan distintas tecnologías y dispositivos electrónicos que buscan apoyar la movilidad y orientación de las personas con discapacidad visual. Estos sistemas existen en variados diseños, y generalmente están enfocados a una tarea específica (esquivar obstáculos, acceder a información, etc.).

Los sistemas de navegación generalmente consisten de tres módulos que apoyan al individuo con un cierto grado de independencia y comodidad, los que proveen de [66]:

- Detección de obstáculos y peligros.
- Información de ubicación y orientación durante la navegación.
- Rutas óptimas hacia un destino deseado.

Si bien el enfoque de este trabajo se centró en torno a problemas de movilidad y orientación, es decir, no se investigaron en detalle todas las tecnologías e infraestructuras relacionadas existentes, sí se mencionarán en términos generales las principales características de las tecnologías de apoyo a la movilidad y orientación, con el fin de

entregar un marco más completo al momento de presentar las soluciones existentes hoy. Los dispositivos existentes comprenden desde simples brújulas parlantes hasta complejos dispositivos que utilizan magnetómetros y sensores inerciales (como acelerómetros y giroscopios). Otros emiten rayos láser o un haz ultrasónico en una cierta dirección detectando elementos en el camino (simulando de alguna manera el mecanismo de orientación de los murciélagos).

## **3.6 Tecnologías relacionadas a la navegación**

### **3.6.1 GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global es el sistema de navegación más ampliamente utilizado hoy en día, y permite determinar la posición a través de la medición de los retrasos de la señal de múltiples satélites. Actualmente, el GPS es el único sistema de navegación por satélites completamente funcional, contando con más de 20 satélites en órbita que transmiten señales a los receptores GPS para determinar la velocidad y dirección de éstos. El GPS es en la actualidad una herramienta indispensable para la navegación por todo el mundo, para la creación de mapas y para la vigilancia, además de ser utilizado como una referencia horaria, y para la sincronización de las redes de telecomunicación.

El GPS fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y puede ser utilizado por cualquier civil de manera gratuita. El mínimo de satélites necesario para obtener una posición GPS no ambigua son cuatro. Si más de cuatro satélites son visibles, entonces se puede obtener una información más precisa.

### **3.6.2 RFID**

Una de las tecnologías con mayor difusión y utilización en los últimos años son los dispositivos RFID (identificación de radio-frecuencia). Una etiqueta RFID es un dispositivo pequeño, como una etiqueta (*tag*), y que puede ser adherida o incorporada a un producto. Algunos ejemplos populares de su utilización son las etiquetas adheridas en los productos de algunas tiendas como medida preventiva de los robos, y el adherido a los automóviles para utilizar las autopistas concesionadas. Las etiquetas RFID contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID.

Estos dispositivos también pueden ser adheridos a las personas o a objetos móviles, para poder ser seguidos utilizando lectores fijos. De ésta manera, al detectar un dispositivo de RFID en una ubicación fija y conocida por medio de un lector, se entrega una indicación precisa de la ubicación de la persona u objeto que se está moviendo. Las soluciones de este tipo tienen la ventaja de ser en general de bajo costo de implementación, en lugares donde la navegación por GPS no es confiable. Al mismo tiempo, las etiquetas RFID permiten almacenar información que puede ser recuperada cuando se necesite, y en donde se necesite [52].

### 3.6.3 Sensores

Existe una serie de sensores que han sido diseñados para apoyar la navegación, algunos más sofisticados que otros, y que son utilizados para diferentes propósitos. Es posible agrupar los sensores en dos categorías; inerciales o no inerciales.

Los sensores inerciales son aquellos que permiten determinar velocidades, aceleraciones y desplazamientos. Algunos ejemplos son los acelerómetros y los giroscopios. Los sensores no inerciales son aquellos que permiten determinar la orientación y posición directamente. Algunos de estos sensores son la brújula, magnetómetros y los sensores de presión.

### 3.6.4 Arquitecturas

El problema de posicionamiento, que no será tratado con mayor detalle en este trabajo, es algo que se encuentra en gran parte resuelto. El problema no es si es posible obtener la posición del usuario en todo momento, con una cierta precisión, sino qué tecnologías utilizar para eso. El mayor problema de las infraestructuras para el posicionamiento en interiores es el costo en infraestructura que es requerido.

Diversas son las arquitecturas utilizadas para la navegación de interiores. Su precisión varía en un rango que va desde milímetros hasta decenas de metros. Debido al costo de infraestructura, las tecnologías más prometedoras parecen ser las que pueden ser utilizadas para la transferencia de datos además del posicionamiento. A esta categoría pertenecen por ejemplo los sistemas basados en Wi-Fi y Bluetooth. También es posible utilizar sistemas basados en tecnología celular, los cuales tienen la desventaja de ser imprecisos [101].

### 3.6.5 Dispositivos Móviles

Una de las definiciones más sencillas de un dispositivo móvil es cualquier aparato transportable que pueda ser utilizado para acceder a una red. Hasta hace poco, no existían muchas alternativas de dispositivos móviles, todas ellas muy costosas, y que exigían portar además pesados bolsos o maletas. Hoy en día los dispositivos móviles son cada vez más pequeños, baratos y eficaces. Los dispositivos (Figura 7) comprenden una gran variedad de características y configuraciones. Algunos han evolucionado de las PDAs tradicionales, mientras que otros lo han hecho a partir de los teléfonos celulares. Algunos tienen funciones adicionales (como la reproducción de música o sacar fotografías), otros poseen teclados, etc. Todos tienen algún tipo de conectividad (GSM, Bluetooth, Wi-Fi, etc.).

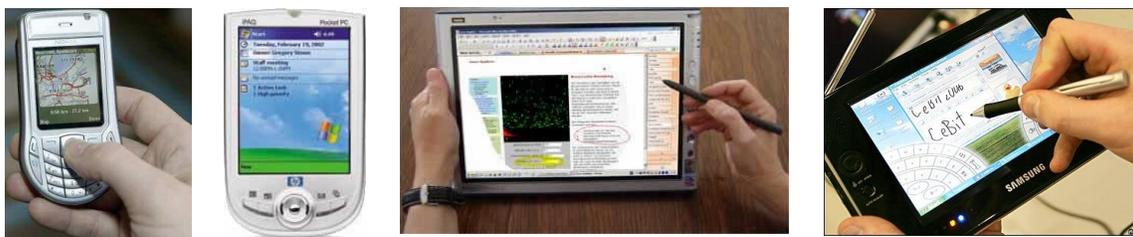


Figura 7. Dispositivos Móviles. De izquierda a derecha: Smartphone, Pocket PC, Tablet PC, UMPC.

Los teléfonos inteligentes (*smartphones*) son dispositivos de telefonía celular que incluyen la memoria y capacidad de procesamiento de un pequeño computador. Algunos incluyen funciones de voz y de datos. Están optimizados para las comunicaciones por voz y texto y permiten el acceso inalámbrico y exploración cifrada a la información y servicios de Internet. Actualmente, incluso los teléfonos móviles más básicos (y por lo tanto, de menor costo) incluyen algún tipo de agenda (calendario, libreta de direcciones), juegos, y la posibilidad de sincronizarse con computadores de escritorio.

Los dispositivos PDA o Pocket PC son en general de mayores capacidades que los teléfonos inteligentes. En su definición más básica, una PDA es un dispositivo-computador que puede tomarse en una mano. En estricto rigor, se habla de PDA si se utiliza el sistema operativo Palm, y si utiliza el sistema operativo Windows Mobile entonces se habla de una Pocket PC. Poseen una pantalla táctil de mayores dimensiones que la de un teléfono celular, y pueden aprender a reconocer la escritura a mano. También incluyen programas de correo electrónico y agenda, los cuales se benefician de la pantalla de mayor tamaño. A esto se le añaden aplicaciones simplificadas de procesador de textos y de hoja de cálculo. Algunos modelos también permiten la conexión por medio de Bluetooth e incluso conectividad de red inalámbrica (Wi-Fi). También existen modelos híbridos que combinan las PDAs con la telefonía celular.

Los dispositivos Tablet PC agregan funciones de pantalla táctil a la configuración del sistema operativo Windows XP de Microsoft para computadores de escritorio. Aunque pueda haber variaciones entre los modelos individuales, todos ellos se pueden emplear utilizando reconocimiento de escritura a mano. Microsoft ha desarrollado ediciones especiales de su *suite* de oficina, añadiendo aplicaciones que permiten tomar notas a mano y dibujar diagramas.

Dentro de los dispositivos de última generación se encuentran los Ultra Mobile PC (UMPC), o PC Ultra Móvil, que son similares a las Tablet PC pero de un tamaño más reducido. Son dispositivos optimizados para ser utilizados en movimiento, para ser fáciles de llevar, con una batería de larga duración, con múltiples opciones de conectividad inalámbrica –con el fin de estar conectado todo el tiempo– y que poseen conocimiento de la posición (por ejemplo, a través de GPS), de manera de adaptarse a las necesidades personales del usuario. Los dispositivos UMPC están diseñados para acceder información y contenido online durante el desplazamiento. No están diseñados para procesar grandes cantidades de trabajo o escritura prolongada.

### **3.7 Enfoques y orientaciones de los ETAS**

Los dispositivos electrónicos de ayuda para la movilidad y orientación en personas ciegas se presentan en variados diseños, dependiendo de los objetivos para los cuales han sido desarrollados. De acuerdo al problema principal que buscan solucionar, así como la arquitectura que utilizan es posible diferenciar una cierta clasificación. Por un lado, es posible clasificarlos dependiendo de la arquitectura y tecnología que utilicen. Por otro, es

posible distinguir aquellos ETAs para la navegación de exteriores de aquellos desarrollados para la navegación de interiores.

### 3.7.1 Clasificación de acuerdo a requerimientos del sistema

Los sistemas de navegación son posibles de clasificar de acuerdo a los requerimientos de cada uno y los resultados que entregan. Hogan [31] realizó una agrupación de los sistemas de localización de ruta<sup>1</sup> obteniendo tres grupos:

- Sistemas pasivos.
- Sistemas dinámicos.
- Sistemas basados en infraestructura.

Los sistemas pasivos proveen de *feedback* a los usuarios ciegos sin utilizar fuentes de poder, o involucrar requerimientos de redes de comunicación e infraestructura. Algunos ejemplos son indicadores táctiles a nivel del suelo (como los instalados en algunas estaciones del metro de Santiago), además de señaléticas táctiles y placas escritas en Braille.

Los sistemas dinámicos proveen de *feedback* auditivo y/o táctil, y requieren de fuentes de poder (como baterías) para operar, aunque no requieren de redes de comunicación fijas o de infraestructura para operar. Ejemplos de este tipo de sistema son las brújulas electrónicas, los detectores de obstáculos ultrasónicos o infrarrojos, los sistemas basados en GPS, y los mapas táctiles digitales con *feedback* auditivo.

Finalmente, en el grupo de sistemas basados en infraestructura se encuentran aquellos que requieren de la instalación y mantenimiento de redes de comunicación fijas y/o de infraestructura para funcionar, proveyendo de *feedback* auditivo y/o táctil. Ejemplos de este tipo de sistemas son las señaléticas auditivas peatonales, los sistemas de señales auditivas (utilizando tecnología infrarroja o de radiofrecuencia) remotos y los mapas digitales en línea.

### 3.7.2 Señales auditivas

En una primera categoría se pueden encontrar aquellos sistemas que entregan información acerca del entorno por medio de señales auditivas. Utilizan identificadores que son detectados remotamente por el individuo ciego, a través de un equipo particular. El objetivo de estos sistemas es transmitir información por ejemplo, de la luz del semáforo peatonal, para informar a la persona ciega que es seguro cruzar la calle. Este tipo de tecnología es utilizada también en algunos museos que por medio de audífonos (u otros dispositivos de audio como los celulares) permiten recibir tours personalizados<sup>2</sup>.

Uno de los sistemas más difundidos de esta categoría es *Talking Signs*<sup>3</sup>, en el cual se utiliza un sistema de tecnología inalámbrica infrarroja que proporciona mensajes con voz

---

<sup>1</sup> Este tipo de sistemas también son conocidos como sistemas de *wayfinding* en el idioma inglés.

<sup>2</sup> Por ejemplo, en: [www.archie-project.be](http://www.archie-project.be), [www.tate.org.uk/modern](http://www.tate.org.uk/modern), [www.vangoghmuseum.nl](http://www.vangoghmuseum.nl).

<sup>3</sup> Más información en [www.talkingsigns.com](http://www.talkingsigns.com).

humana, los cuales permiten apoyar el desplazamiento independiente de las personas con discapacidad visual. El sistema consiste en una serie de transmisores fijos que envían señales en forma permanente, los que son percibidos por un receptor portátil, que decodifica la señal y envía un mensaje de voz a través de audífonos o parlantes. Este sistema ha sido aplicado en interiores y exteriores, y ha sido diseñado para aeropuertos, museos, instituciones de gobierno, y otros. Existe alguna información –no existe una investigación formal al respecto– sobre la utilización de éste sistema en el contexto de M&O de niños ciegos, en donde se plantea la utilización de estas “señales parlantes” en un recinto estudiantil, indicando los puntos cardinales, además de ser implementados en la enfermería, casino, entradas y salidas, y que en teoría ayudarían a los estudiantes con problemas de orientación espacial, así como también a los nuevos estudiantes.

Otro sistema basado en ésta tecnología es *PERSONA* (Personal Electronically-Recorded Speech-Output Navigation Aid), propuesto por Sonnenblick [92], [11], en el cual los transmisores fueron situados en el techo de los pasillos en vez de ser ubicados en puntos de referencia específicos. Los transmisores no emiten información hablada, sino códigos de ubicación, lo que permite identificar la posición del usuario en relación con la distribución del ambiente.

Las desventajas de sistemas como éste son principalmente el costo asociado a instalar y mantener los identificadores y redes asociadas para la cobertura deseada [67]. Otra limitante tiene que ver con no poseer la funcionalidad de planear rutas, y la exigencia de que el individuo ciego deba poseer previamente un cierto conocimiento del entorno [11].

### 3.7.3 Dispositivos Sonares o de Ultrasonido

Estudios sobre el comportamiento de los murciélagos (también de las ballenas y algunos pájaros nocturnos) han permitido conocer que dichos animales se orientan emitiendo sonidos de orientación de alta frecuencia y recibiendo los ecos. Estos animales son capaces de distinguir además de objetos pequeños, cambios de distancia, tamaño y material. Por ejemplo, el delfín es capaz de diferenciar distintos tipos de peces, utilizando los ecos. Muchas personas ciegas tienen como hábito producir sonidos de orientación artificiales (golpes de bastón, silbidos, chasquear los dedos o cantar) [38]. Inspirados en estas ideas presentes en la naturaleza, diversos dispositivos para ciegos han sido desarrollados basados en sonido ultrasónico o en emisiones láser, con el fin de poder detectar obstáculos remotos, y en algunos casos pudiendo además clasificar dichos objetos.

Un ejemplo de esta línea de investigación es el dispositivo *LaserCane*<sup>1</sup>, el cual consiste en un ETA diseñado para permitir que usuarios con discapacidad visual puedan desplazarse independientemente y en forma segura. Es un bastón modificado (Figura 8-A) que presenta una alternativa a las guías tradicionales como personas, perros o bastones comunes, y que provee de una señal de advertencia anticipada para encontrar un camino despejado. Una de sus principales características es que detecta obstáculos en tres niveles diferentes; a la altura de la cabeza, en frente y desniveles en el piso. El dispositivo (LaserCane N-2000) tiene un

---

<sup>1</sup> [www.ustep.com](http://www.ustep.com).

costo de aproximadamente \$1.600.000 pesos, el que aumenta a cerca de \$1.900.000 si se adquiere la versión para entrenamiento. Otros dispositivos relacionados son Polaron<sup>1</sup> y Miniguide<sup>2</sup> (Figura 8-B y Figura 8-C).



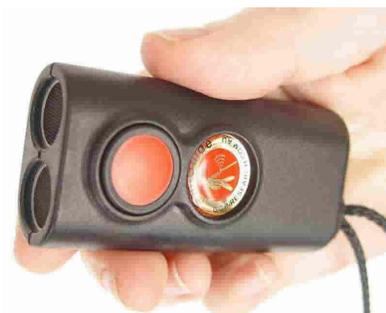
(A)

Figura 8.



(B)

Los dispositivos (A) LaserCane, (B) Polaron y (C) Miniguide.



(C)

El *Sonic Pathfinder*<sup>3</sup> fue diseñado para ser complementario a otras ayudas de movilidad primarias (como el bastón, un perro o el resto visual). Consiste en un dispositivo que se monta en la cabeza (Figura 9) y que emite un sonido de un solo tono si existen obstáculos en el camino del usuario. Es una ayuda selectiva que entrega información sólo del entorno inmediato, priorizando los objetos en el camino recto desde el usuario. Este dispositivo requiere de entrenamiento de especialistas para su utilización, que puede tomar varias lecciones. No es apropiado para personas que no posean habilidades de movilidad primarias.

Este dispositivo emite un pulso de eco sonar controlado por una microcomputadora. Posee dos emisores de ultrasonido<sup>4</sup> que irradian el camino del usuario, y tres receptores que reciben los ecos de los objetos en el camino, son procesados y finalmente transmitidos a los audífonos que porta el usuario, ya sea a un solo audífono (si el objeto se encontraba a la izquierda o derecha) o a ambos (si el objeto estaba en el centro del camino).



Figura 9. El dispositivo Sonic Pathfinder.

<sup>1</sup> [www.nurion.net](http://www.nurion.net). (Actualmente se encuentra discontinuado).

<sup>2</sup> [www.gdp-research.com.au](http://www.gdp-research.com.au).

<sup>3</sup> [www.sonicpathfinder.org](http://www.sonicpathfinder.org).

<sup>4</sup> El ultrasonido se refiere a un sonido cuya frecuencia es mayor que el límite de la audición humana, y ha permitido desarrollar diversas tecnologías médicas así como también radares.

### 3.7.4 Otros sistemas

El sistema Cyber Crumbs [67] consiste en una especie de “camino de migajas electrónicas”, en donde una persona al ingresar a un edificio se dirige a un “quiosco de información”<sup>1</sup>, en donde selecciona un destino. El quiosco, que a su vez es la primera migaja, computa la ruta más simple y descarga las indicaciones a un dispositivo que porta el usuario, en una secuencia de estas migajas. El dispositivo que porta el usuario, que consiste en una placa colgada al cuello, reproduce voces –al alcanzar un punto de referencia, por ejemplo– e instrucciones de ruta, para ir navegando de una migaja a la siguiente. Esta placa además posee un sintetizador de voz.

## 3.8 Sistemas de navegación exterior

Existen muchos sistemas de apoyo a la navegación exterior, tanto para usuarios ciegos como para videntes. Estos sistemas están orientados a diferentes objetivos; guiar al individuo con discapacidad visual en el ambiente urbano, entregar información sobre el transporte público (como la posición y arribo del próximo bus en un paradero), ubicación de lugares de interés, etc. La mayoría de los sistemas de navegación exterior utilizan tecnología GPS para obtener la posición del individuo, y utilizan bases de datos para acceder a la información del entorno.

El sistema PGS (Personal Guidance System) propuesto por Loomis [11] fue desarrollado inicialmente como una herramienta de navegación exterior. Consiste en tres unidades principales:

- GPS que determina la posición y orientación del usuario.
- Sistema de información geográfica, con la base de datos espacial del entorno.
- La interfaz de usuario.

Este sistema entrega instrucciones para desplazarse de un lugar a otro, por medio de la verbalización de instrucciones y descripciones, a través de audífonos duales. Este sistema depende completamente del GPS, por lo que no funciona en entornos cerrados.

En Europa fue desarrollado el sistema MOBIC (Mobility of Blind and Elderly People Interacting with Computers Project) [95], [11], que consiste en un sistema para preparar un viaje anticipadamente, y que funciona en conjunto con un sistema de navegación en tiempo real. Para la interacción se cuenta con un teclado minimizado, mientras que la salida se entrega a través de sonido que el usuario recibe a través de un par de audífonos. Las principales limitantes detectadas en éste sistema guardan relación con el tipo de codificación de la información y la poca flexibilidad para incorporar nuevos entornos [11], además de que los usuarios deben determinar su orientación a través de una brújula complementaria al sistema [35].

---

<sup>1</sup> Estructura que aloja una estación de información.

El sistema Drishti [66] integra tecnologías como computadores portables, reconocimiento de voz, audio, redes inalámbricas, y sistemas GIS y GPS. Aumenta la información contextual y entrega rutas optimizadas según las preferencias de usuario, restricciones temporales y obstáculos dinámicos. El sistema provee de condiciones ambientales e información de puntos de referencias utilizando una base de datos espacial, por medio de pistas de audio dinámicas. Los principales problemas del sistema Drishti tienen que ver con el error que se produce al modificar la altura a la que se encuentra el usuario (por ejemplo al sentarse o subir una escalera), y a los errores relacionados con el reflejo o bloqueo de las señales en las paredes y amoblado, lo que puede entregar mediciones incorrectas.

El sistema de navegación y guía NOPPA [101] fue desarrollado en Finlandia, y utiliza tecnología GPS para entregar información al usuario ciego. El sistema está orientado para que los individuos ciegos puedan lograr un viaje ininterrumpido por la ciudad utilizando buses, trenes y caminando. Está basado en una arquitectura cliente-servidor, accediendo a la información a través de Internet, a la cual el usuario accede a través de un terminal. La comunicación de la información se produce por medio de sintetizadores de voz. Los principales problemas del sistema NOPPA tienen que ver con que el mapeo de los datos puede no encontrarse actualizado o contener imprecisiones y con que el posicionamiento puede no estar disponible (lo que también puede ocurrir con la infraestructura para la transmisión de datos de manera inalámbrica), o ser inexacto.

Dog+ [102] es un sistema de navegación para ciegos que utiliza dispositivos PDA. Integra una interfaz de audio para mapas: *Blind Audio Tactile Mapping System (BATS)*; un algoritmo de generalización de mapas: *LineDrive*; e infraestructura para localización y detección: *Cricket*. Permite personalizar el audio utilizado al contexto del usuario. El sistema trata el problema de la contextualización tanto del usuario (limitaciones físicas y/o cognitivas, por ejemplo) como del sistema en sí (capacidad de procesamiento, batería). Utiliza pistas de audio no hablado para representar posiciones, orientaciones y lugares del mapa. Si bien propone un marco de referencia, no es un sistema muy acabado, ni presenta resultados concretos con usuarios reales.

### **3.9 Sistemas de navegación interior**

El primer aspecto que se debe considerar sobre la navegación en espacios interiores es que no se puede suponer que la tecnología GPS (en la cual se basan la mayoría de este tipo de sistemas para exteriores), se encontrará siempre disponible. En general, la señal de los GPS se bloquea fácilmente, al ubicarse en una calle con edificios muy altos, o si el cielo no está completamente despejado. No sólo existe este problema en relación con la pérdida de señal, sino que además existe el problema de la desviación o error del GPS. El error promedio de un GPS es un tema poco acordado en la literatura; mientras algunos aseguran que el error es de aproximadamente 1 metro, otros aseguran que el error es de alrededor de 10 metros [90], [101], [51]. Aunque en teoría, este error se reduce utilizando una técnica conocida como GPS diferencial (DGPS) –que añade correcciones a la solución– el error sigue siendo inaceptable para una solución que requiere de mayor precisión, como es el caso

de la navegación de interiores. Es decir, **la navegación interior no puede depender de tecnología GPS** [52], [105], [66] tanto por el error asociado, como por la disponibilidad del sistema.

Por otro lado, es posible asumir que –considerando el caso de la navegación interior– la información del espacio en general no varía considerablemente a través del tiempo –las puertas, murallas, pilares, y similares están siempre en el mismo lugar– por lo que es posible mantener esta información almacenada en una base de datos que se encuentre en el mismo dispositivo que lleva la persona, y acceder a ella cuando sea necesario. Pero siempre existe información dinámica, por lo que es necesario considerar el medio tanto para actualizar la información, como para acceder a nuevos elementos.

En [43] se presenta un sistema de navegación interior apoyado por un robot, que busca disminuir el equipo que debe portar el usuario, y aumentar los medios de interacción con el dispositivo, lo que disminuye la carga cognitiva asociada al momento de navegar. Adicionalmente, el robot permite llevar cargas como bolsas de supermercado y maletas, mientras que puede ser utilizado como complemento a las guías de navegación tradicionales como bastones y perros guías. Según los autores, este sistema estimula comportamientos de navegación local, que permiten alcanzar metas de navegación globales, pero no presentan ninguna evaluación formal que avale estos resultados. Este sistema tampoco detecta bloqueos en las rutas ni tiene ningún sensor de orientación. Tampoco tiene una interfaz apropiada para usuarios ciegos, pues el usuario debe interactuar por medio de un teclado, lo que malogra la interacción. Sistemas de este origen (es decir, que asistan por medio de robots) caen en el gran problema de que los robots móviles son por naturaleza inadecuados para guiar a los ciegos, ya que son grandes y pesados, por lo que pueden convertirse en una limitante adicional a la hora de subir escaleras o transitar por pasillos estrechos.

PINS (*Personal Indoor Navigation System*) [11] es un sistema de navegación de interiores que tiene como objetivo proveer de una navegación independiente y eficiente a personas con discapacidad visual. Permite resolver tareas de navegación y planeamiento de rutas, pero no de evasión de obstáculos. Utiliza un sistema de posicionamiento y orientación, una base de datos espacial, y la interfaz de usuario. El sistema permite la entrada de información por medio de audio y a través de un teclado Braille, y permite descargar mapas de navegación al momento de ingresar a un recinto. Fue diseñado para ser un sistema no disruptivo, y que puede ser transportado sin problemas por el usuario. En este sistema se propone además utilizar sonido estéreo y un teclado braille especializado como parte de la interfaz, que se utiliza en conjunto con un micrófono. Como infraestructura se utilizan transmisores de radio y un mapa digital del ambiente que es descargado cuando se ingresa al nuevo entorno. Una característica interesante de este sistema es que el mapa digital utilizado para la representación del ambiente consiste en un grafo no dirigido, en donde los nodos son ubicaciones y las aristas representan pasillos. Con esto se simplifica la tarea de encontrar un camino entre dos locaciones. Los principales inconvenientes de este sistema tienen que ver con la disponibilidad del sistema, su costo de implementación, y la falta de una evaluación

formal por parte de usuarios ciegos. También se identifican algunos claros problemas de usabilidad en la interfaz<sup>1</sup>.

Sonnenblick [92] propone un sistema de navegación para ciegos que fue aplicado en Israel. En este acercamiento al problema de la navegación de interiores, el autor utiliza señales auditivas montadas en un colegio, ubicadas cerca de las puertas. Cada señal transmite un mensaje describiendo la ubicación. Enfoques anteriores de la misma línea tenían la desventaja que el sonido se emitía al presionar un botón ubicado en el emisor. El problema evidente es que de esta manera podía ser operado sólo por personas capaces de encontrar dichos botones (y alcanzarlos), es decir, no podía ser activado a distancia. Por otro lado, un mensaje pregrabado además tiene la limitante de no poder ser personalizado. Sonnenblick propuso el sistema PERSONA<sup>2</sup> consistente en transmisores estáticos ubicados en el techo de los pasillos, que se comunican con una unidad receptora que porta cada usuario. El receptor identifica el transmisor más cercano y decodifica la información de posición, la cual es entregada por medio de un mensaje de audio pregrabado (emitido por el dispositivo), que además puede ser personalizado.

## **3.10 Trabajo Relacionado**

### **3.10.1 Tecnologías de simulación**

La navegación virtual (simulación) de un entorno real tiene un valor innegable. Las simulaciones por computador y la realidad virtual ofrecen a los estudiantes una oportunidad única de experimentar y explorar con un amplio rango de ambientes, objetos y fenómenos dentro de la sala de clase o en sus hogares. Ellos pueden observar y manipular objetos, variables y procesos en tiempo real, que de otra manera serían inalcanzables. La capacidad de este tipo de tecnologías de volver tangible y manipulable lo que es abstracto e intangible las convierte en herramientas apropiadas para el estudio de fenómenos naturales y conceptos abstractos [94]. Permiten que las personas sean capaces de recorrer un ambiente real que puede ser hostil o peligroso, o que es inalcanzable (por ejemplo, un simulador de la superficie de Marte). Permiten simular realidades que desarrollan aprendizaje por parte de los usuarios (por ejemplo, un simulador de vuelo), de manera totalmente segura. El entrenamiento de habilidades sensomotoras complejas puede ser realizado de una manera efectiva y segura en ambientes de simulación por computador, en donde los ambientes inmersivos basados en sonido permiten proveer de prácticas guiadas e independientes para los aprendices, por medio de la acentuación de estímulos sonoros específicos (es decir, en donde el usuario aprende a discriminar diferentes sonidos, para enfocarse en uno específico) [33].

Existe una clara tendencia hacia la utilización de juegos y simulaciones para la enseñanza, lo que tiene una importante implicancia para la comprensión de cómo el

---

<sup>1</sup> Los menús no presentan lógica, y se presenta un número de conceptos superior al de  $7 \pm 2$ , que es lo recomendado de acuerdo a la memoria de corto plazo y a la cantidad de conceptos que las personas pueden retener en general [70].

<sup>2</sup> Véase capítulo 5.3.1, Señales auditivas.

aprendizaje formal e informal pueden apoyarse uno al otro, con el fin de acelerar el proceso de aprendizaje y apoyar el desarrollo cognitivo de alto orden, fortaleciendo la motivación en el aprendizaje basado en habilidades [14]. La entrega de contenido y herramientas por medio de simulaciones han provocado que aprendices, empleadores y capacitadores de las fuerzas armadas comiencen a considerar el aprendizaje basado en juegos y simulaciones como una manera de cortar costos en los presupuestos de entrenamiento, además de ser una nueva manera de comunicarse con potenciales reclutas [103].

### 3.10.2 Ambientes virtuales basados en sonido

Diversos estudios han demostrado que las interfaces de audio pueden ser utilizadas para fomentar el aprendizaje y la cognición en niños ciegos, al igual que han demostrado que la utilización de ambientes virtuales (representados a través del sonido) es un poderoso estímulo para dichas personas [74], [77], [18]. Al utilizar aplicaciones basadas en audio, los niños ciegos pueden desarrollar y practicar la cognición. Al utilizar interfaces de sonido tridimensional para representar el ambiente virtual, se desarrollan procesos cognitivos que estimulan el desarrollo de habilidades de dominio general, tales como orientación tiempo-espacio, memoria abstracta y de corto plazo, y la percepción háptica [74], [72]. Presentar información a través de interfaces auditivas puede ayudar a las personas ciegas con la M&O, utilizando interfaces que les permiten acceder a la información y a desarrollar actividades del día a día [50].

Un ejemplo de ambiente virtual basados en sonido es *AudioDoom* [76], que es una versión simplificada basada en sonido espacializado del juego Doom. La meta principal en esta investigación fue probar que el sonido espacializado modelado en el computador, puede producir el modelado de una estructura espacial determinada, conservando la estructura, su topología, orientación y navegación. Es decir, si era posible desarrollar un ambiente virtual interactivo acústico, que permitiese una navegación activa sin pistas visuales, en el cual los niños ciegos pudiesen desarrollar estructuras cognitivas de representación espacial a través de la interacción con ambientes virtuales basados en sonido. Otro ejemplo es el software *AudioChile* [77], un juego ambientado en un entorno 3D, orientado principalmente para usuarios no videntes, para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas, además de lograr el aprendizaje de contenido por parte del usuario. En dicha investigación se reafirmó que el sonido es un elemento clave en este tipo de trabajos, y que la variedad de estímulos auditivos mantienen al usuario atento y motivado en el ambiente, además de la importancia de las evaluaciones constantes durante el desarrollo.

La tecnología de computación avanzada sin duda ofrece nuevas posibilidades para el apoyo del desarrollo de habilidades de movilidad y orientación de las personas con discapacidad visual, al compensar las deficiencias del canal deteriorado [45], lo que puede ayudar a que dichas personas mejoren su habilidad de explorar ambientes desconocidos [47]. Los ambientes virtuales permiten que las personas ciegas expandan su conocimiento como resultado de utilizar una realidad artificial con *feedback* de sonido.

Una aplicación de este concepto corresponde a *Audiometro* [78], software en versiones de escritorio y portátil que contiene la representación de las líneas del Metro de Santiago,

Chile. Utilizando interfaces diseñadas para personas con discapacidad visual, esta aplicación puede asistirles al moverse por la red del Metro, permitiendo además organizar y preparar previamente un viaje. Los resultados cognitivos de esta investigación mostraron una mejora en el desarrollo de habilidades de movilidad relacionadas a la utilización del sistema del Metro.

Por otro lado, hay diversas líneas de investigación que han comprobado que las personas ciegas son capaces de construir y representar mentalmente ambientes virtuales utilizando interfaces basadas en sonido, y que por medio de un entrenamiento con estos ambientes virtuales pueden mejorar su desempeño en la navegación del ambiente real representado [51], [83], [33], [78], y desarrollar habilidades relacionadas con la movilidad [46], [25], [81].

Estudios realizados sobre la navegación de personas ciegas apoyadas por ambientes virtuales han sido realizados [45], [46], [47], considerando dos grupos; uno de control (los que navegan por el espacio real) y otro de experimentación (aquellos que navegan por el ambiente virtual), y han concluido que ambos grupos implementan estrategias de exploración similares, basándose principalmente en aquellas que utilizan en la navegación diaria por espacios reales. Varios sujetos en el grupo de experimentación desarrollaron nuevas estrategias al trabajar con el ambiente virtual, las que sólo pueden generarse dentro de éste ambiente, y por ende representa un importante valor agregado al trabajo con el sistema computacional. La estrategia usada con mayor frecuencia en el grupo de experimentación fue la estrategia de grilla, seguida por la perimetral. Por otro lado, en el grupo de control las estrategias más utilizadas fueron la perimetral seguida por la de objeto-a-objeto, lo que da una idea de que las estrategias de exploración por parte de los individuos ciegos son similares, pese a las diferencias culturales y geográficas<sup>1</sup>. Ambos grupos recorrieron la mayor distancia utilizando la estrategia perimetral. Sobre las características del proceso de exploración los resultados fueron que los sujetos del grupo de experimentación necesitaron de cuatro veces más tiempo y de tres veces más distancia para explorar el nuevo ambiente que el grupo de control. Finalmente, el grupo de experimentación cambió frecuentemente de estrategias durante la interacción con el ambiente virtual, a diferencia del grupo de control.

### **3.11 Habilidades de Resolución de Problemas**

Los problemas pueden definirse como situaciones que enfrentan las personas que les impiden o dificultan cumplir ciertas tareas. En un problema, el procedimiento para resolverlo no siempre está claro, y pueden existir varias maneras de solucionarlo, pero sin que exista una “receta” para cada caso. Hay veces en que la persona desconoce o no posee las estrategias para resolverlo [69]. Al intentar resolver un problema se activan procesos mentales que involucran, entre otros, la utilización de la memoria y control sobre los diferentes recursos cognitivos utilizados. El éxito para resolver un problema depende de la capacidad de situarse en un nivel meta-cognitivo.

---

<sup>1</sup> Los estudios mencionados fueron realizados en la Universidad de Tel Aviv, Israel.

Las personas están constantemente enfrentando y resolviendo problemas. Los individuos exitosos aprenden imitando y desarrollando estrategias categorizadas como resolución de problemas durante la infancia. El riesgo que enfrentan los niños ciegos es que otras personas resuelvan los problemas por ellos; ya sean padres, profesores o sus pares videntes, que pueden tener las mejores intenciones, pero que no están al tanto del daño que pueden provocar en el desarrollo de esta área, pues no se dan cuenta que la mejor manera de aprender este tipo de habilidades es teniendo la oportunidad de saber qué hacer cuando se enfrentan a una situación compleja o a un problema específico [106].

Algunas estrategias de resolución de problemas que pueden identificarse frecuentemente son la descomposición del problema en sub-problemas, la simplificación del problema, y el ensayo y error [69]. De esta manera, el problema de moverse por el espacio puede verse como una composición de sub-problemas tales como orientarse en un determinado momento, evadir obstáculos y detectar puntos de referencia. La estrategia de ensayo y error no es conveniente de utilizar en el contexto de M&O ya que además de ser ineficiente, puede producir problemas adicionales. El encontrar una ruta entre un punto de partida y un destino es un gran desafío para las personas con discapacidad visual, y en donde el desplazarse de una ubicación del entorno a otra puede verse como una tarea de resolución de problemas. Es necesario involucrar al usuario en el proceso de construir una solución a un problema de orientación espacial. Esto se puede llevar a cabo permitiendo que el usuario explore la información espacial y activamente construya piezas de un modelo, con la ayuda de un sistema computacional, es decir, utilizando un principio de “aprender haciendo” [83].

Es necesario clarificar desde el comienzo que un software que esté orientado a desarrollar estrategias de resolución de problemas en el contexto de la M&O no es suficiente por sí sólo. Los usuarios deben además trabajar con tareas cognitivas específicas<sup>1</sup>, que permitan conocer el aporte e impacto que tiene el software realmente en los usuarios.

---

<sup>1</sup> Véase el capítulo 10, Evaluación de Impacto Cognitivo.

# **IV**

## **METODOLOGÍA**

# Metodología

## 4.1 Procedimiento

La primera tarea fue investigar cuáles son los problemas reales que enfrentan los niños ciegos o con baja visión no funcional al momento de desplazarse por el patio de la escuela. Para esto se desarrollaron entrevistas con jóvenes y niños ciegos, en las cuales ellos mismos manifestaron las dificultades diarias que enfrentan, y las estrategias que poseen y utilizan para resolverlas. También se observó y registró en terreno las características del desplazamiento de los niños en un entorno familiar (como el patio de la escuela), y en uno desconocido. Se realizaron una serie de visitas y entrevistas a colegios que han realizado la inclusión de alumnos ciegos, conociendo sus experiencias, problemática y soluciones encontradas. Adicionalmente, se revisó en la literatura los problemas comunes que han sido detectados, y de qué manera han sido enfrentados, para lo cual se esperaba contar con el apoyo de especialistas en el área de movilidad y orientación.

La siguiente línea de investigación consistió en averiguar cuál es el estado del arte de la tecnología relacionada al apoyo de la M&O utilizando dispositivos móviles. Se estudiaron los mecanismos que existen para personas ciegas, tanto para interiores como exteriores, verificando los resultados obtenidos hasta ahora en su aplicación, y cuáles son las limitantes que éstos poseen.

Con todo esto fue posible definir una matriz problema-solución, definiendo a la vez los requerimientos del software relacionado, y de la implementación de las soluciones.

Se trabajó con modelos existentes para ambientes virtuales, con el fin de representar el ambiente real (patio de la escuela) con un modelo genérico, que es fácilmente configurable para representar otros ambientes. También se analizaron las maneras disponibles de utilizar sonido, considerando las limitantes que tienen en este sentido los dispositivos móviles, así como también considerando las propiedades que deben poseer las interfaces para este tipo de usuario, en este contexto.

Paralelamente se desarrolló un software para un dispositivo móvil que permitió a los usuarios entrenar la navegación virtual de un ambiente real, e interactuar con los elementos del entorno.

El dispositivo móvil utilizado para la implementación corresponde a un Pocket PC. Para el desarrollo del software relacionado se utilizó el framework .NET. Para la simulación de la navegación en tiempo real se utilizó un archivo de texto con la representación de una sesión de interacción representativa, la cual es representada con el dispositivo Pocket PC. Estas tecnologías fueron evaluadas y validadas para su utilización en este contexto.

Finalmente, se definieron y validaron tareas de impacto cognitivo, propuestas en forma lúdica, las que fueron aplicadas y evaluadas en diferentes ambientes reales.

## **4.2 Alcance**

El software fue diseñado para ser utilizado por usuarios con discapacidad visual, aunque no restringe su utilización por parte de personas videntes. El objetivo principal de éste software es que sea utilizado por niños de educación básica, para que puedan mejorar su movilidad y orientación por entornos cerrados conocidos y desconocidos, en particular entornos como la escuela.

El software fue diseñado para ser utilizado en dispositivos móviles, en particular un Pocket PC Dell Axim X51, bajo el sistema operativo Microsoft® Windows Mobile 5.0.

El software tiene incorporados tres entornos virtuales que representan a tres escuelas reales de Santiago, y permite navegarlos virtualmente utilizando una serie de funcionalidades para ese propósito. Incluye además un entorno de entrenamiento y es posible simular una navegación en tiempo real.

Se realizaron una serie de evaluaciones de usabilidad, y se midió el impacto cognitivo del software en el contexto del desarrollo de habilidades de M&O en ambientes conocidos y desconocidos. Por la poca disponibilidad de alumnos con el perfil deseado, la experimentación correspondió a un estudio de casos.

Si bien es relativamente sencillo agregar nuevos entornos y extender los existentes, no se crearon las interfaces ni los módulos necesarios para automatizar dichos procesos, es decir, este trabajo no incluye un editor de ambientes y elementos, aunque establece la base para trabajos en esta dirección. Esta decisión fue tomada al contrastar los costos y beneficios de destinar las limitadas horas para desarrollo disponibles frente a destinar los mismos recursos en el desarrollo de prototipos y evaluación del software con usuarios finales. Además, si bien se consideró de forma tangencial la tecnología que debe existir para la implementación real y completa de una solución de esta naturaleza, no fue el enfoque de este trabajo definir qué infraestructura es la necesaria y óptima para proveer de la orientación y posición en todo momento.

## **4.3 Participantes**

Los usuarios participantes de este estudio son niños con edades entre 8 y 11 años (3° a 6° básico), legalmente ciegos y con deficiencia visual no funcional. Los usuarios objetivos no presentan déficit asociados (cognitivos, audición). Los datos completos de los usuarios se presentan en la Tabla N° 5.

Todos ellos utilizaron el software para entrenar la navegación por el espacio virtual, y evaluaron la usabilidad de las interfaces diseñadas y los modelos de interacción propuestos. Además, dos de ellos realizaron simulaciones de navegación en tiempo real y participaron de la evaluación cognitiva.

**Tabla N° 5. Datos de los usuarios participantes de las evaluaciones.**

Nombre	Edad	Diagnóstico	Resto Visual	Curso	Escuela	Sexo
Participante I	10 años	Deformación congénita, síndrome de Leber	Si	5° Básico	Santa Lucía	Femenino
Participante II	9 años	Amaurosis congénita de Leber	No	5° Básico	Santa Lucía	Masculino
Participante III	9 años	Hipoplasia del nervio óptico, bilateral.	No	4° Básico	La Maisonnette	Femenino
Participante IV	8 años	Vitreo primario hiperplástico bilateral/ Leucocoria ODI	No	3° Básico	Liceo Lastarria	Masculino
Participante V	11 años	Retinosis Pigmentaria / Nistagmus no recuperable	Si	6° Básico	Arturo Alessandri Palma D-20	Femenino

#### 4.4 Algunos casos de estudio

Existen algunos colegios de Santiago y regiones que han tomado la iniciativa en cuanto a la integración de personas con discapacidad visual, y las han aceptado como alumnos. Cada establecimiento posee sus propias reglas al momento de aceptar a las personas con discapacidad, lo que está determinado principalmente por las expectativas de la escuela en particular, y la capacitación de los profesores que trabajen en ese lugar.

El colegio “La Maisonnette”<sup>1</sup> (Santiago) ha realizado la integración de alumnas con diferentes discapacidades (mentales y físicas). En el año 2003 tuvo por primera vez una alumna con discapacidad visual. La participante III es una niña ciega total congénita de nueve años y que llegó al colegio a Kindergarten. Actualmente se encuentra cursando 4° Básico. Ella es intelectualmente saludable y ha sido sometida a las mismas exigencias y evaluaciones que sus compañeras (el establecimiento cuenta con el currículo PYP). La única exigencia de éste colegio es que el ingreso de las niñas discapacitadas sea en los cursos más pequeños, pero no existe una cota hasta que año pueden cursar. Ahora bien, en este colegio plantean que no cuentan con un programa educativo especial, sino que buscan potenciar el desarrollo social no sólo del discapacitado, sino de toda la comunidad educativa. El hecho de integrar alumnos discapacitados es una iniciativa propia del colegio.

Al entrevistar a algunas profesoras de la participante III<sup>2</sup>, ellas comentaron que en términos de la relación de ella con sus compañeras, ha sido un proceso en general favorable, ya que ellas la han recibido y aceptado. La única dificultad tiene que ver más con la personalidad de la participante III que su condición de discapacitada, ya que como indicó la profesora jefe de esta niña, ella posee una mayor madurez intelectual que sus compañeras,

<sup>1</sup> [www.lamaisonnette.cl](http://www.lamaisonnette.cl).

<sup>2</sup> Entrevista realizada en Julio del 2006 en el colegio “La Maisonnette” con la profesora jefe de la participante III, su profesora de computación y la coordinadora del ciclo básico del colegio.

por lo que no siempre tiene los mismos intereses que ellas, pero que es algo que se espera cambie a medida que crezcan.

Las profesoras también señalaron que existen ciertos problemas a la hora de enfrentar situaciones lúdicas, en particular juegos en los que las niñas corren y saltan, ya que la participante III puede cumplir estas actividades físicas, pero a un ritmo más lento. A esto se le suma carácter fuerte de ella, y a quien le gusta “mandar” en los juegos, lo que no es siempre bien recibido por sus compañeras, pero que es un hecho circunstancial que puede ocurrir en cualquier otro establecimiento, con cualquier niño. Pese a esto, tanto la participante III como sus compañeras han aprendido a aceptarse mutuamente, y las niñas videntes han aprendido que los juegos con ella son un tanto más lentos. También se menciona que existe una cierta sobreprotección por partes de sus compañeras, al no incluirla en ciertos juegos por temor a que ella se lastime.

Se les preguntó además sobre los cambios en la metodología que habían sido necesarios al momento de incorporar a esta estudiante a la sala de clases. En particular se indicó que una medida necesaria era realizar todas las actividades de manera más verbal. Por ejemplo, en las actividades grupales bastaba con que sus compañeras de curso leyeran en voz alta los documentos que debían analizar, mientras ella hacía lo mismo con textos impresos en Braille, y finalmente realizaba una exposición oral. También se señaló la utilización de material concreto (plasticinas, maquetas, mapas en relieve, entre otros). Sus compañeras sienten mucha curiosidad por el código Braille, y en los instrumentos que utiliza la participante III, por lo que no falta motivación al momento de realizar trabajos en grupo con ella. Como lo indica la profesora: *“Es un tema más ligado a lo social que a lo académico”*.

Con respecto a si existen procesos de sensibilización al incorporar a un alumno con discapacidades, se indicó que no existe un protocolo para esto, sino que se discute con las profesoras por si ellas tienen algún inconveniente, pero que no ha sido necesario hasta el momento, sobretodo porque en el caso particular de esta niña ella está en el colegio desde pequeña.

Un aspecto interesante de mencionar tiene que ver con el material académico disponible para la participante III. El Ministerio de Educación de Chile entrega libros traducidos al Braille (en conjunto con figuras en relieve) con el contenido curricular escolar, pero sólo a establecimientos públicos y subvencionados. Por estos motivos, para esta estudiante no es posible acceder directamente a ellos (La Maisonnette es un colegio particular), pese a los esfuerzos realizados por las profesoras. Todos los libros con material de clases deben ser traducidos al Braille en forma particular, y son los propios padres quienes incurren en la mayoría (sino la totalidad) de los gastos que esto significa, tanto para la traducción antes mencionada, como para la adquisición de mapas en relieve, y otros elementos académicos. La madre de esta niña mencionó en una entrevista<sup>1</sup>: *“Nosotros no tenemos apoyo del colegio [...] económicamente hemos podido hacerlo, pero todos los materiales son súper caros... entonces le vamos preguntando a la profesora jefe que van a pasar el próximo mes, que vas a necesitar, ella nos dice ‘los egipcios’, entonces busco primero en Internet [...] yo tengo*

---

<sup>1</sup> Entrevista realizada con la madre de la participante III en Octubre del 2006, en la casa de participante III.

*una impresora en Braille que compré [...] yo hice un curso además entonces yo ahora puedo sacar cosas de ahí e imprimir... la idea es que después ella tenga su computador abajo con la impresora... ”.*

Con respecto a la exigencia académica (carga, plazos) de la participante III, ésta es la misma que para el resto de sus compañeras, existiendo ciertos casos especiales como la extensión de la duración del tiempo disponible para una prueba, no por problemas intelectuales, sino porque simplemente tarda más en registrar sus respuestas por escrito, pese a que tiene la fortuna de contar con una máquina de escribir Braille, que hace esta tarea más rápida que si, por ejemplo, utilizara sólo un punzón: “...al comienzo era integración de un punto de vista social, educacionalmente es diferenciado porque en el fondo ella no leía los mismo libros que sus compañeros, no se hacían las mismas pruebas y eso igual nos molestaba porque ella es súper inteligente, es la primera del curso y tiene promedio 6.9 [...] ahora puede leer los mismos libros que sus compañeras porque yo los puedo escanear y después los imprimimos en Braille [...] ahora queda a la par con sus compañeras”.

La estudiante recibe clases de computación de manera particular, en su propia casa, por parte de una persona con discapacidad visual adquirida que trabaja en CIDEVI (Corporación para la Integración del Deficitario Visual). La participante III tiene clases de computación una vez a la semana, durante las cuales Carola le enseña el manejo de archivos, del procesador de textos y el acceso a Internet. Utilizan principalmente el lector de pantalla JAWS<sup>1</sup>, pero la niña también ha utilizado el software “Cantaletas” y “Toque Mágico”<sup>2</sup>. Según su madre, el manejo del computador es lo único en que su hija se encuentra atrasada en relación con sus compañeras.

En relación a los problemas de M&O que han detectado las profesoras, ellas señalaron que ella necesita siempre una descripción general de los lugares, pero que es capaz de ir al baño sola (el que queda ubicado cerca de su sala de clases, en un segundo piso), y que su principal problema es la lentitud con la que se desplaza. Para bajar y subir escaleras ella siempre va acompañada por alguien vidente, por un tema de responsabilidad con ella, ya que en algunas ocasiones le han sorprendido bajando las escaleras sola. Generalmente las profesoras la acompañan (por ejemplo al final del día, cuando debe trasladar su máquina de escribir), y le van entregando indicaciones como “izquierda” o “derecha”. Indican también que existe un conjunto de lugares que ella domina, pero que al trasladarse a ciertos lugares del colegio que ella no frecuenta, se desorienta.

También destacan que esta estudiante posee algunas habilidades propias de M&O. Por ejemplo, al salir al recreo, a veces ella les pide a las profesoras que le indiquen verbalmente dónde se encuentra alguna compañera, en relación con algún punto de referencia que ella sea capaz de localizar y reconocer. Una vez que se le indica, ella es capaz de desplazarse a ese lugar. Fue mencionado además que este recorrido lo realiza a través de exploración perimetral, siguiendo la línea de las paredes y que pese a que ella domina una parte del colegio, a veces una profesora debe guiarla rápidamente a través de caminos más directos,

---

<sup>1</sup> [www.freedomscientific.com](http://www.freedomscientific.com).

<sup>2</sup> [www.cedeti.cl](http://www.cedeti.cl).

por lo que ella manifiesta que se “pierde” y pregunta en qué lugar están. Para movilizarse de la sala de clases al casino, por ejemplo, ella tiene permitido salir de la sala un par de minutos antes que el resto de sus compañeras, y la profesora le pide a cualquiera de ellas que la acompañe voluntariamente. Se observó que si bien posee un bastón largo, no lo utiliza con las técnicas enseñadas por especialistas, simplemente lo lleva consigo. Para orientarse, una compañera vidente la acompaña en su recorrido, hablándole constantemente, y de ésta manera puede seguir el sonido de su voz y movilizarse. También reconoce cuando llega a las escaleras (su sala de clases se encuentra ubicada en un segundo piso), y es capaz de utilizar el pasamanos para descender en forma segura.

El colegio se encuentra en una etapa en que están aprendiendo junto con esta estudiante sus necesidades (ni los profesores ni el colegio recibió alguna preparación especial), por lo que se encuentran dispuestos a cualquier apoyo que puedan recibir, sobre todo si significa la utilización de tecnologías que permitan mejorar la productividad en la sala de clases. Las profesoras indican que el resultado de haber integrado a la niña es absolutamente positivo, que ha sido *“una experiencia fantástica para los alumnos integrados y para su entorno, el aprendizaje para ella y para el resto es impresionante. Para un ciego, estudiar en un colegio integrado le abre un mundo que finalmente es el que van a vivir, y para el resto también, porque se van a enfrentar con niños que tienen necesidades especiales, y van a saber tratar con ellos...Yo no le veo ningún problema , sino solo beneficios”* (Gilda Jadue, Profesora jefe de la estudiante).

El liceo “José Victorino Lastarria”<sup>1</sup> (Santiago) ha realizado inclusión de personas con discapacidad visual desde el año 2002. El liceo tiene como política aceptar exclusivamente a alumnos con un nivel intelectual normal (es decir, que no tengan deficiencias cognitivas relacionadas), ya que tienen como objetivo que los alumnos que estudien en este liceo puedan acceder después a la universidad. Al entrevistar a tres psicopedagogas<sup>2</sup> del establecimiento sobre los cambios en la metodología y materiales utilizados en clases, ellas indicaron que uno de los mayores problemas que han debido enfrentar tiene que ver con los libros de contenido de las diferentes asignaturas. Los libros traducidos al Braille, que son distribuidos por el Ministerio de Educación, no siempre están a disposición de cualquier liceo inmediatamente, incluso ha ocurrido que, cuando finalmente los pueden conseguir, el alumno ya ha pasado a otro curso. Estos libros poseen, además del contenido en Braille, algunas ilustraciones en relieve. Al igual que en el caso anterior, las profesoras de este establecimiento manifestaron que el mayor cambio en la metodología tiene relación principalmente con tener que verbalizar todo lo que exponen a sus alumnos.

A este establecimiento asiste un niño de 6° Básico, quien posee una impactante capacidad intelectual y madurez, así como también una excelente actitud y disposición. Durante las clases, el alumno escribe en Braille utilizando un punzón, pues las máquinas de escribir Braille son muy costosas, con un valor aproximado de entre los \$200-\$600 mil pesos chilenos (entre \$380-\$1100 USD). El liceo está considerando la inversión de comprar algunas de estas máquinas, para colocarlas a disposición de los alumnos. Cuando se le

---

<sup>1</sup> [www.liceolastarria.cl](http://www.liceolastarria.cl).

<sup>2</sup> Entrevista realizada en el liceo Lastarria con tres psicopedagogas y un alumno ciego integrado en Julio del 2006.

preguntó por las actividades que realizaba durante los recreos, él comentó que realizaba lo mismo que sus compañeros; que corría, jugaba “taca-taca<sup>1</sup>”, y que una vez también había jugado a la pelota. Con respecto a su desplazamiento por el establecimiento, el alumno indicó que él es capaz de movilizarse solo generalmente, y que cuando llegó al liceo había realizado algunos recorridos acompañado de un guía vidente, quien le enseñó algunas rutas y a ubicar algunos puntos de referencia (como el baño y la sala). Por los comentarios de este alumno se pudo inferir que él posee algunas estrategias de M&O, ya que al preguntarle si desde donde se encontraba actualmente (oficina de psicopedagogía, en donde se llevó a cabo la entrevista) era capaz de llegar a su sala en forma independiente, él indicó que no, porque nunca había estado en ese lugar, pero que “*si usted me indica por ejemplo donde está el baño, ahí me ubico*”, evidenciando que él es capaz de movilizarse a través de puntos de referencia incorporados en su modelo mental del liceo. Además indicó que él es capaz de movilizarse utilizando el transporte público, y que sabe cuando llega a su casa, utilizando diversos puntos de referencia como resaltos simples, rotondas, etc. Este participante no utiliza bastón, y al ser consultadas sobre esto las profesoras señalaron que en general los alumnos ciegos prefieren no utilizar este instrumento, ya que de esa manera pasan desapercibidos al resto de sus compañeros, pues para ellos el bastón es un símbolo característico de ceguera.

El colegio “Albamar”, (Viña del Mar) también ha incluido a una niña ciega dentro de su alumnado. En este recinto, además de destacar el desarrollo social del alumnado, han tenido la positiva experiencia de que sus alumnas desarrollen proyectos como un conjunto de libros escritos en Braille. La directora de este colegio afirma que a los niños se les exige todo lo que tanto los padres como los especialistas les indican que son capaces de realizar. En estos colegios y muchos otros (como el “Saint George” y el “San Ignacio”, por nombrar algunos) existe el mismo pensamiento de que al momento de realizar la inclusión tanto alumnos con discapacidad como los que no, son quienes se benefician con la integración.

Según Cecilia Cancino de la Fundación “Alter Ego”, con los niños saludables intelectualmente la integración (social y curricular) se da en forma natural, y no hay mayores dificultades en relación con la interacción con sus pares. Sin abandonar los esfuerzos en el manejo de la frustración y el cuidado de la autoestima [54].

El proceso de inclusión de un niño ciego (y en general, con cualquier discapacidad) no es algo trivial para las escuelas comunes. Además de ser necesario nuevos enfoques para lograr una enseñanza real, tanto en la metodología como en las herramientas que se utilizan en los procesos de enseñanza, es necesaria una capacitación en temas específicos –como la M&O en el caso de las personas ciegas– como disciplina.

Eso no debe ser una “obligación” para los colegios, sino más bien un progreso en sus establecimientos, al momento de incluir a una persona con discapacidad. Es esencial para los niños lograr una inclusión porque permite que dejen de ser el centro de atención de sus familias. Lo que ocurre generalmente es que a los niños ciegos se les sobreprotege, llegando a casos en que la familia puede estar haciendo más discapacitado al sujeto [54]. Pero al

---

<sup>1</sup> El “taca-taca” es también conocido como fútbol de mesa o *foosball*.

ingresar a un colegio con alumnos videntes los niños ciegos se vuelven más independientes, y los padres comienzan a creer más en ellos, y a darles más oportunidades. En una reunión<sup>1</sup> realizada con algunos jóvenes ciegos ellos opinaron que cuando eran menores se sentían muy inseguros, que cada uno vivía en su propio mundo, y que *“algunas personas nos sobreprotegen mucho y eso más que ser una ayuda, al contrario, perjudica [...] siempre la ayuda es buena pero en la cantidad justa”*. De esta manera se puede comenzar a imaginar que un sistema que apoye a la M&O de niños ciegos en el entorno escolar no debe buscar resolver todos los problemas posibles, más bien debe buscar desarrollar habilidades de resolución de problemas, y apoyo en la navegación, pero siempre considerando como horizonte el permitir que sean los mismos niños quienes desarrollen sus propias estrategias de exploración, para que una vez que dominen un ambiente relativamente familiar como lo es la escuela, puedan aplicar lo aprendido en cualquier ambiente cerrado que les sea desconocido.

---

<sup>1</sup> Entrevista realizada en Marzo del 2006 en C5 –Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento de la Universidad de Chile– con cinco jóvenes (con edades entre 20 y 32 años), y dos educadoras diferenciales.

**V**

**ANÁLISIS Y SOLUCIÓN**  
**PROPUESTA**

# Análisis - Solución Propuesta

## 5.1 Situación Actual

### 5.1.1 Acceso a lecciones de Movilidad y Orientación

Todos los niños con discapacidad visual deben aprender técnicas de M&O. En la actualidad, los niños que asisten a escuelas diferenciales reciben estas lecciones en forma integral, en donde se les enseña, entre otros, técnicas de protección personal, desplazamiento y el desarrollo de habilidades necesarias para la utilización del bastón. En el caso de las escuelas y colegios integrados, no existe una regulación clara sobre cómo deben proceder los estudiantes integrados y profesores. En muchos casos, por simple desconocimiento –tanto de los padres como de los profesores– los niños no reciben ningún entrenamiento formal en el mismo establecimiento, recibiendo en algunos casos sólo unas horas en forma particular. Y si efectivamente pueden recibir las lecciones en el mismo establecimiento, uno de los principales problemas que se han detectado –no sólo en Chile, sino en diferentes lugares del mundo– es que para la enseñanza de M&O en colegios integrados se utilizan horarios extraordinarios, es decir, después de las horas de clases. Esto tiene como consecuencia que los horarios de los niños sean sobrecargados (en algunos casos consecuencia de las distancias que tiene que cubrir el especialista de M&O para llegar a sus alumnos), y limitados en cuanto al tiempo disponible para el desarrollo de las clases de M&O. Por estas razones, así como por la naturaleza de los programas en general, disminuye el interés y la motivación de los niños, así como también se aprecia una falta de iniciativa y pro actividad [23].

Otros problema identificado es que las clases de M&O se realizan sólo en un número reducido, lo que significa una desventaja desde el punto de vista de la movilidad independiente. Por ejemplo, los alumnos de la escuela para ciegos “Santa Lucía”<sup>1</sup> reciben lecciones de M&O en el mismo establecimiento, mientras que la alumna integrada en la Maisonnette recibió lecciones de M&O hasta los cinco años de edad, a través del CIDEVI<sup>2</sup>, aprendiendo algunas técnicas básicas de la utilización del bastón. Posteriormente ella no continuó su entrenamiento.

A esto se le suma la dificultad adicional de que en Chile hay una clara falta de expertos en el área de M&O. La Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación<sup>3</sup> es la única institución del país que en la actualidad imparte estudios relacionados a la M&O de personas ciegas. La carrera corresponde a “Licenciatura en Educación y Pedagogía en Educación Diferencial con mención en Trastornos de la Visión”, y tiene un plan de 5 años. Esto quiere decir que los profesionales de esta carrera estudian educación diferencial en un plan común y luego se especializan en el trabajo de personas que tienen discapacidad visual. No existe una sub-especialización en temas como M&O, Informática Educativa o similares. Algunas

---

<sup>1</sup> [www.prociegossantalucia.cl](http://www.prociegossantalucia.cl).

<sup>2</sup> Corporación para la Integración del Deficitario Visual, [www.cidevi.cl](http://www.cidevi.cl).

<sup>3</sup> [www.umce.cl](http://www.umce.cl).

educadoras de esta profesión señalaron que generalmente ellas deben aplicar sus conocimientos de manera iterativa, trabajando un tiempo en M&O, luego en la enseñanza de lectura-escritura, etc., pero que no poseen cursos de especialización mayores. Esto, sumado al contexto nacional, se traduce en que existe una importante brecha entre estos profesionales y la tecnología, y en donde los mismos profesionales han señalado que existe una debilidad, en particular en el área de Informática Educativa. Esto finalmente se convierte en un desafío al momento de proponer herramientas tecnológicas que apoyen la enseñanza tradicional.

### 5.1.2 ¿Qué problemas enfrentar?

Si bien la cantidad de problemas de M&O que enfrentan los ciegos puede llegar a ser abrumadora, es posible realizar un acotamiento, considerando problemas mencionados tanto en la literatura como en las entrevistas realizadas en el contexto de esta investigación con personas con discapacidad visual y las especialistas en trastornos de la visión. Así, fue posible identificar los problemas más comunes, y también inferir algunos más inusuales.

De acuerdo a Loomis & Golledge [48], las necesidades más importantes de las personas con discapacidad visual al navegar se pueden resumir en:

- El acceso a la información
- La accesibilidad del entorno
- La independencia al navegar

*Acceder a la información* con sus sentidos restantes puede ser apoyada por dispositivos con características multimedia, a través de interfaces basadas en sonido o hápticas. Estos dispositivos deben centrarse en entregar información que el usuario no puede obtener por sus propios medios, a través de interfaces diseñadas de acuerdo a sus necesidades. Presentar la información a través de medios alternativos como etiquetas Braille o mapas táctiles también puede constituir una solución apropiada.

Por *accesibilidad del entorno* no se refiere solamente a la movilidad física de una persona con discapacidad visual en un ambiente particular, sino además a la capacidad de reconocer puntos de referencia y comprender la distribución de los elementos en el espacio físico, así como también a la capacidad de navegar de manera segura a través de éste.

*Independencia al navegar* significa que los dispositivos deben centrarse en ser ayudas de M&O que tengan como objetivo final lograr que los usuarios ciegos se conviertan en seres más independientes, teniendo presente que no tiene sentido proveer de una ayuda de navegación que signifique una carga adicional para las personas con discapacidad visual.

El Departamento de Educación de Colorado [63] plantea que los aprendices ciegos pueden beneficiarse de:

- Comprensión del medio y espacio físico.
- Orientación en diferentes escuelas y ambientes comunitarios.

- Desplazamiento por escuelas y la comunidad.
- Encontrar oportunidades para jugar y desplazarse independiente e irrestrictamente.

Esto significa que los estudiantes ciegos deben ser capaces de aprender y comprender el entorno, y de representar mentalmente su distribución física. Ellos deben ser capaces de entender cuáles son los principales elementos en un entorno cerrado particular (como una escuela, un centro comercial o una biblioteca), y cuáles son las funciones de cada uno de ellos. Los estudiantes ciegos deben ser capaces de navegarlos, de realizar recorridos desde y hacia lugares altamente concurridos (como la cafetería o el casino), y –a través de la experimentación con ambientes nuevos– expandir sus habilidades y conocimiento de M&O.

Pero la pregunta continúa siendo ¿qué es lo que realmente quieren las personas con discapacidad visual? En un estudio preliminar [39] se plantea que ellos querrían una ayuda de M&O que:

- Aumente su percepción del ambiente
- Anuncie puntos de interés ubicados fuera del alcance inmediato, y que ayude a navegarlos
- Que permita filtrar los objetos, de acuerdo a alguna clasificación.

Cox & Dykes [12] señalan que las habilidades relevantes en el contexto escolar tienen relación con conocer los puntos de referencia que se encuentran en la escuela: la organización de los salones de clases; las áreas comunes (como bibliotecas y cafeterías); conocer las entradas y salidas de la escuela y la ubicación de las oficinas. Hub *et al.* [32] indican que, de acuerdo a entrevistas realizadas por los autores con personas ciegas, los individuos durante la navegación de interiores tienen problemas con escaleras, desniveles y puertas. A esto se le suma el problema de no poder conocer la utilidad de ciertos cuartos, e incluso de ciertos edificios. Ellos manifiestan que los individuos con discapacidad visual quieren saber dónde se encuentran, y qué clase de objetos hay a su alrededor. Una vez que la ubicación propia es conocida, el siguiente paso es planificar caminos a otros lugares, informando a la vez de los posibles peligros que puedan existir en la ruta.

Baldwin [5] plantea que una de las razones por las cuales los estudiantes ciegos se desorientan tiene que ver con que ellos dejan de prestarle atención al sentido kinestésico, es decir, la memoria muscular que les indica cuán lejos se han desplazado en el espacio. La incapacidad de monitorear el movimiento es una de las principales razones por las cuales los ciegos se pierden en el espacio. Las personas videntes en general navegan utilizando un sistema de navegación inconsciente, procesando un sinfín de ideas mientras se desplazan. Los ciegos deben realizar un esfuerzo para mantenerse alertas y pendientes de su navegación, y mantener el proceso de aprendizaje del entorno en un plano consciente.

Los niños ciegos tienen en general una capacidad de percepción muy restringida, consecuencia de su falta de interacción con el entorno (ya sea ésta por miedo a explorar, o por la sobreprotección de padres y profesores). Ellos tienen una pobre imagen corporal y

problemas para entender problemas espaciales [1]. Es por esta razón que es muy importante desarrollar estas habilidades tempranamente, en conjunto con la coordinación motriz y habilidades pre-bastón. Mientras antes un niño comience un programa de M&O, antes se volverá independiente y podrá navegar por su propia cuenta.

En una entrevista<sup>1</sup> realizada con dos educadoras diferenciales, especialistas en trastornos de la visión, y que enseñan M&O en la Escuela de Ciegos “Santa Lucía” se les presentó la idea de un software que por medios de dispositivos móviles apoyara la M&O de los niños que asisten a la escuela. Ellas señalaron que un sistema con esas características sería útil también para usuarios ciegos con deficiencias de memoria, pues ellos olvidan las diferentes rutas y puntos de referencia. También es señalado el requerimiento de que los puntos de referencia deben ser parametrizables para cada usuario, pues cada persona utiliza distintas configuraciones de texturas, olores y sonidos para ubicarse en el espacio, que no son siempre reconocibles y útiles para otro individuo.

En relación con qué información podría ser útil para los usuarios, las especialistas señalaron, entre otras, la ubicación de los baños, entradas y salidas, esquinas del recinto y los puntos medios de los pasillos. También indicaron que es importante entregar información de los alrededores del recinto (ubicación cardinal de las veredas, formas de transporte). Para transmitir esta información indicaron que sería positivo utilizar los puntos cardinales (“*la puerta está orientada hacia el norte*”, o “*la cafetería se encuentra al sur del laboratorio*”). Esta sugerencia –entregar información de puntos cardinales– también es propuesta por Golledge *et al.* [26]. También fue sugerido utilizar conceptos de las lecciones de M&O como “*cuarto de giro*”, “*medio giro*”, etc. e indicar distancias a través del conteo de pasos.

Con respecto a qué problemas de M&O ellas detectaban en sus actividades diarias con los individuos ciegos, las especialistas señalaron que la mayoría de ellos ya poseía un alto grado de apropiación del espacio físico, por lo que las mayores dificultades guardan relación con obstáculos en altura que no son detectados por medio del bastón o del rastro<sup>2</sup>, tales como extintores, travesaños, focos, etc. También fue señalado que incluso algunos ciegos con técnicas de movilidad más desarrolladas –quizás debido a un exceso de confianza– caminan velozmente, y no ejecutan correctamente el uso del bastón (describiendo arcos incompletos, por ejemplo), por lo que hay veces que no detectan obstáculos en el camino, comprometiendo peligrosamente sus integridades físicas.

En la entrevista realizada con los jóvenes ciegos<sup>3</sup> se les pidió que indicaran cuáles eran sus principales problemas al momento de desplazarse en un ambiente cerrado. Ellos indicaron que independiente de la infraestructura, en general siempre se encuentran con obstáculos. A modo de ejemplo, ellos indicaron que las escaleras con peldaños muy bajos

---

<sup>1</sup> Entrevista realizada en Junio del 2006 en la escuela “Santa Lucía” a dos educadoras a cargo del área de Movilidad de Orientación en esa escuela.

<sup>2</sup> Véase el Capítulo 4.1, “Instrumentos y habilidades para la navegación”.

<sup>3</sup> Entrevista realizada en Marzo del 2006 en C5 –Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento de la Universidad de Chile– con cinco jóvenes (con edades entre 20 y 32 años), y dos educadoras diferenciales.

siempre eran un problema porque no alcanzaban a ser detectados con el bastón. Lo mismo ocurría con las entradas de las salas que eran muy bajas. En cuanto a cómo orientarse en un edificio, ellos indicaron que la única estrategia era “consultarle al guardia”, haciendo referencia de la necesidad de recurrir a las personas videntes que se encuentren en ese momento.

Se entrevistó además a un conjunto de niños ciegos<sup>1</sup> de la escuela “Santa Lucía” con el fin de conocer los problemas que enfrentan al momento de desplazarse dentro de la escuela. Ellos plantearon que en general son capaces de elegir el camino más corto entre dos puntos porque son rutas que ya conocen y han recorrido antes, y por lo mismo ya han calculado el tiempo aproximado que demoran en hacerlo. Una alumna de este colegio además señaló que, como el recinto es circular, da lo mismo que ruta tomar, porque siempre llegará a su destino. Con respecto a qué les preocupa al momento de desplazarse por los interiores de la escuela, los niños señalaron el no golpearse con las murallas ni con otras personas.

En la entrevista mencionada participó además una alumna que es ciega congénita, y que está en la escuela Santa Lucía desde pequeña. Ella ha sido capaz de representar mentalmente toda la escuela, pero a pesar de su conocimiento del entorno, la única técnica que utiliza para navegar es la exploración perimetral (pese a que ella señaló que siempre utiliza los caminos más cortos). Sus principales problemas tienen que ver con chocar con sus compañeros (y a veces con sus profesores), y cuando los elementos con los que ella está familiarizada son cambiados de lugar.

Frente al tema de los puntos de referencia, los niños entrevistados manifestaron que no los utilizan habitualmente. Solamente un niño manifestó que puede detectar ciertas ausencias y disminuciones en la luz, y que por lo tanto utiliza esta información como punto de referencia. El hecho de que no todos utilicen puntos de referencia se puede deber a dos razones; la primera es que en realidad ellos no tienen desarrollada esta habilidad, por lo que un software que apoye la adquisición y entrenamiento en la utilización de *landmarks*, puede ser altamente beneficioso. Pero otra razón por la cual ellos manifiestan que no utilizan puntos de referencia en su navegación tiene que ver con el hecho de que por tratarse de niños pequeños, que conocen y tienen una apropiación alta de la escuela, en realidad si utilizan puntos de referencia, pero a un nivel subconsciente. Es decir, ellos no saben cómo navegan. Esto se puede ver respaldado por la afirmación de Psathas [65], quien plantea que las personas realizan naturalmente las diferentes actividades involucradas en moverse, orientarse y trasladarse, y no son conscientes cómo las realizan (y por ende, no pueden explicárselo a otra persona). Golledge *et al.* [26] también señalan que, de acuerdo a una entrevista conducida por los autores con individuos ciegos, éstos señalaron que la información de *landmarks* era una de las más importantes durante la navegación.

El caso estudiado con mayor atención en esta investigación corresponde al caso de la participante III, con quien se realizó una entrevista en profundidad<sup>2</sup>, además de observar su

---

<sup>1</sup> Entrevista realizada en Septiembre del 2006 en la escuela “Santa Lucía” con cinco alumnos de esa institución, cuatro de ellos con baja visión y una con ceguera congénita.

<sup>2</sup> Entrevista realizada a la participante III en su casa, en Octubre del 2006.

desplazamiento en su colegio, con el fin de detectar sus problemas concretos durante la navegación. Con respecto a cómo se orienta, ella indicó que hay rutas que ya conoce, por ejemplo, señala que para llegar de la sala de clases al patio ella utiliza los pasillos, mencionando que “...yo me ubico doblando, porque ya me enseñaron que había que doblar hacia la derecha, después seguir un pasillo y después llego...”. Ella mencionó que se desplaza generalmente sola, aunque hay veces que es acompañada por alguna compañera. Con respecto a los instrumentos que utiliza para la navegación, señaló que ella porta su bastón, pero ella no posee técnicas formales en el uso del bastón. Aún así, ella menciona que el portar un bastón le ayuda “...a sentirme segura [...] me va avisando lo que hay delante de mí... abriendo caminos. A la vez que me avisa lo que hay delante de mí, me va abriendo camino para que yo pueda pasar”. Ella señala además que es capaz de subir y bajar en forma independiente las numerosas escaleras que existen en su colegio.

Al preguntarle por cómo ella ha aprendido a orientarse para llegar a lugares comunes (como el kiosco, por ejemplo), ella indicó que hay veces que debe preguntarle a sus profesoras por indicaciones, primero por si está cerca del lugar de interés. Si esto no es así, ella mencionó que cuando las profesoras le ofrecen llevarla, ella se niega y solo pide indicaciones de cómo llegar por su cuenta. Ella indicó además que este tipo de indicaciones verbales le permiten poder crear rutas, siempre y cuando sean en un lenguaje claro –no utilizando expresiones como “para acá” o “hacia allá”, mucho menos cuando son acompañadas por señales de mano y apuntando con los dedos.

La madre de esta alumna señaló que “...una de las cosas más fuertes para ella fue el entender cómo era su colegio. Que tenía dos edificios, que tenía tres pisos en un lado, que la biblioteca esta acá y el casino [...] y a una profesora se le ocurrió hacerle una maqueta a escala... le hizo el patio de juegos porque no lo comprendía, sabía que había unos pájaros, pero no entendía todo el concepto de los juegos en el patio y le hizo juego por juego, y cómo estaban los edificios estructurados... entonces ahora ella tiene en la cabeza la idea de cómo son los espacios en el colegio...”.

La alumna señaló que es capaz de navegar utilizando puntos de referencia. Por ejemplo, para llegar al casino y a la biblioteca, ella señaló que “...atravieso un pasillo que tiene una rampa que hay una fuente de agua que siempre está sonando aunque no se puede tocar mucho... pero siento el sonido y llego, pero al casino primero que es una entrada bien amplia que hay eco... entonces siempre me ubico porque siempre están hablando, siempre hay personas ahí, entonces me ubico cuando quiero llegar y al lado hay una planta y está la biblioteca...”. Frente a los problemas inmediatos que son posibles de imaginar, como que la fuente de agua no esté funcionando o que no hayan personas hablando, ella respondió que “...(la fuente de agua) ahora no está funcionando de hecho... pero hay un poste, hay como una pequeña plazoleta que ahora le pusieron cinta porque plantaron pasto, entonces le pusieron unas cintas para que no pasen...con eso me ubico...”. Incluso indicó una solución cuando en la entrada del casino no hay ninguna persona; “...a veces están los auxiliares dentro de la cocina, pero es que la puerta está casi siempre abierta y cuando está cerrada yo conozco la puerta...es la única puerta diferente del colegio, entonces yo la ubico porque tiene unas ventanas arriba que tienen como una rejilla...entonces ahí yo la toco y sé que es...”. Ella señaló además de que ella es capaz de reconocer otros puntos de referencia como

jardineras, árboles, e incluso las texturas del piso, distinguiendo entre arena, cemento y baldosas.

Uno de los principales problemas señalados por esta alumna tiene que ver con la dificultad de planificar rutas antes de comenzar su navegación. Ella indicó que siempre sabe dónde se encuentra, pero que muchas veces no sabe cómo llegar a un destino particular. Además planteó que partiendo desde su sala si le es posible llegar a la mayoría de los lugares, pero que desde cualquier otro lugar no, es decir, que no es capaz de planificar rutas desde otro punto de partida. Esta dificultad se evidenció aún más al preguntarle si a ella le gusta explorar el entorno, a lo que respondió que *“me encanta, solamente que siempre voy siguiendo una muralla o siguiendo algo que me permita guiarme [...] cuando estoy en otra parte, por ejemplo en el casino, y quiero dirigirme a mi sala, de vuelta me complica mucho porque es de vuelta porque de ida no me complica nada [...] cuando siempre yo voy de mi sala a alguna parte sigo el camino, bajo la escalera y voy al casino, por ejemplo, me voy a almorzar después me voy a la biblioteca y después me voy a la sala de computación, y de la sala de computación yo digo recorrí tantas partes que no se cómo volver. Se me olvida el camino...”*.

También se le preguntó a esta alumna si a ella le gustaría algún dispositivo móvil que le diera información sobre su ubicación y orientación. Ella respondió enfáticamente que sí, e incluso ella manifestó que le gustaría un dispositivo que le indicara dónde se encuentra, y que ella pudiese navegar por un listado de los puntos de interés (como el casino o la biblioteca) y seleccionar uno, de manera de contar con información de cómo llegar a él. Incluso plantea que ella conoce el GPS: *“un aparato para personas videntes que no se cómo se llama que es como un celular que te muestra mapas de donde estás... es como un celular que te va mostrando mapas y te va diciendo los puntos cardinales [...] me gustaría que existiera eso pero para personas no videntes”*.

## 5.2 Matriz Problema-Solución

De acuerdo al análisis de la situación actual, a las entrevistas realizadas, y a la revisión bibliográfica sobre los problemas que enfrentan las personas con discapacidad al navegar por ambientes cerrados, tanto familiares como desconocidos, es posible enumerar los problemas y oportunidades más relevantes que se abarcaron en el trabajo con el software desarrollado en esta investigación. Algunos problemas están altamente relacionados entre sí, y algunos son consecuencia de otros. En la Tabla N° 6 se presenta un listado de éstos problemas, acompañados de una breve descripción.

**Tabla N° 6. Matriz de los problemas abordados más comunes de los niños ciegos al navegar por ambientes cerrados.**

Problema - Oportunidad	Descripción
Incapacidad de localizar elementos	Reconocer baños, entradas y salidas, etc. y poder navegar hacia ellos
Acceso a la información	Poder acceder a información no inmediata; avisos en los paneles, información en los murales, carteles en las salas
Navegación ineficiente	Desconocimiento de rutas alternativas, utilización de un número limitado de caminos
Mala representación y comprensión del entorno	Incapacidad de inferir rutas y de representar mentalmente la distribución del entorno
Baja utilización de puntos de referencia	No se utilizan landmarks para la navegación en forma consciente, tanto por la incapacidad de detectarlos, como por la poca apreciación de su importancia.
Baja utilización de los puntos cardinales	Desconocimiento de los puntos cardinales en el ambiente real
Falta de estrategias de navegación	Se utiliza principalmente la estrategia perimetral, algunas veces el movimiento es completamente dependiente de guías videntes, o se limita a prueba y error
Desconocimiento del entorno familiar	Se conoce sólo un limitado sector del ambiente familiar, desconociendo la función de salas, el destino de pasillos, etc.
Incapacidad de monitorear el movimiento	El desplazamiento se vuelve un proceso inconsciente, y el niño se desorienta completamente, sin saber dónde se encuentra
Incapacidad de planificar rutas	No es posible describir una ruta previo a la navegación, mencionando los elementos y puntos de referencia que se encontrarían en el camino

Estos problemas permitieron definir los requerimientos del software, y por lo tanto permitieron definir las funcionalidades que debían ser desarrolladas, y que son presentadas en el capítulo 7.7, Interfaces e Interacción. Asimismo, los problemas mencionados permitieron diseñar los instrumentos utilizados en la evaluación de impacto cognitivo –los test aplicados– y las tareas cognitivas con las cuales se complementó el trabajo con el software.

## 5.3 Problemas de los ETAs actuales

Al realizar una revisión de la literatura sobre dispositivos electrónicos para la navegación de personas con discapacidad visual es posible detectar una serie de falencias en ellos, así como también una serie de oportunidades para mejorar el diseño de las interfaces y la interacción.

Una de las principales deficiencias de los dispositivos actuales tiene que ver con la manera en que la información es transmitida y presentada al usuario. Generalmente no transmiten información relevante o la cantidad que entregan es excesiva para que la persona ciega pueda orientarse realmente mejor. Para las personas ciegas es difícil y peligroso desplazarse porque no pueden saber dónde están las cosas fuera de su alcance inmediato, y para un desplazamiento seguro, ellos deben poseer un conocimiento del entorno. Enfrentan muchos peligros mientras caminan, y por lo mismo las primeras ayudas móviles intentaban entregar la mayor cantidad posible de información sobre el entorno, lo que resultaba en demasiada información innecesaria que sólo confundía a las personas ciegas [51], ya que esperaban proveer a los usuarios de una imagen completa del mundo a través de sus sentidos restantes. Leonard [30] realizó un experimento con el cual pudo concluir que lo realmente necesario y útil en un dispositivo electrónico para la navegación es que entregue pequeñas cantidades de información relevante, la que debe ser entregada de tal manera que no interfiera con la información que ya está siendo recolectada y utilizada por el usuario. Estas ayudas de movilidad deben complementar a las ayudas primarias como el bastón y los perros guías. Es decir, es esencial velar porque la información que se le entrega al usuario sea la necesaria y suficiente, pero sin provocar una sobrecarga cognitiva ni cubrir las señales auditivas que las personas ciegas utilizan como guías primarias (sonidos del ambiente, ecos).

La literatura indica que hasta ahora el foco de la investigación y desarrollo de dispositivos electrónicos de apoyo a la navegación en personas ciegas, ha consistido principalmente en dispositivos para la evasión de obstáculos. Loomis et al. [49], [48] indican que el fracaso de estos dispositivos está en el hecho de que, para que una persona con discapacidad visual pueda navegar ambientes desconocidos en forma eficiente, depende de información que se encuentra fuera del alcance de detección de estos dispositivos. Los autores afirman que una manera apropiada de apoyar la navegación es utilizando tecnología para ubicar a la persona, y asistirle con una base de datos espacial del ambiente para notificar de la posición relativa a éste del individuo.

Por otro lado, una gran cantidad de los estudios existentes no parten de la base de averiguar realmente cuáles son las verdaderas necesidades de las personas ciegas, indicando incluso en algunos casos que no fueron capaces de determinar si existe alguna necesidad de información específica por parte de los usuarios ciegos [101]. Tampoco son dispositivos diseñados considerando las características especiales de este tipo de usuario. Por ejemplo, hay algunos dispositivos que exigen utilizar un par de audífonos [85], lo que afecta la percepción auditiva del ambiente a la que están acostumbrados los individuos ciegos, y en el cual basan gran parte de su desplazamiento. Shoval et al. [85] plantean que los tres problemas fundamentales que tienen los ETAs son: que el usuario deba escanear constantemente el entorno para detectar los obstáculos; que aunque se detecte un elemento no es posible determinar las dimensiones del mismo; y que el *feedback* auditivo que éstos entregan interfieren con las señales auditivas del entorno que las personas ciegas utilizan para navegar.

Otros dispositivos requieren que el usuario interactúe con ellos utilizando ambas manos, lo que impide la utilización de técnicas de bastón o de protección, o en los que simplemente

el medio de interacción no es el más adecuado para usuarios ciegos [35]. Aún más, existen dispositivos [64], [43] que consisten en sofisticados robots, los que son pesados y grandes, por lo que presentan una dificultad adicional al momento de subir escaleras o pasar por pasillos angostos, y que son inherentemente inapropiados para las personas ciegas [85]. Otros requieren que el usuario porte un bolso en sus espaldas, con la consecuente exigencia física [26].

Los sistemas basados en señales auditivas tienen el problema de la imprecisión además de que por cada locación que se quiera establecer es necesario implementar un emisor, lo que en la práctica puede tener un costo e impacto en la infraestructura demasiado elevado. Muchos sistemas entregan ubicación y posición, pero no realizan un tratamiento sobre puntos de referencias y rutas. La mayoría de los dispositivos para asistir a personas con discapacidad visual utilizan voces sintetizadas o pregrabadas. Pocos utilizan alguna forma primitiva o abstracta de sonificación<sup>1</sup>, lo que eleva la curva de aprendizaje del usuario ciego [50]. Asimismo, para los usuarios la utilización de sonidos con diferentes frecuencias y vibraciones no es algo sencillo de comprender al momento de ser utilizadas para la representación espacial.

En general todas las soluciones que se proponen consisten en dispositivos hechos a medida, que buscan resolver un problema particular, y que en general se centran más en la tecnología a utilizar que en los verdaderos problemas que tienen los ciegos al momento de enfrentar un ambiente desconocido. Junto con esto es posible afirmar que en la actualidad no existe una solución genérica para el problema de la navegación de interiores [32]. Esto conlleva a dejar muchos problemas básicos irresueltos, además de elevar el precio de los dispositivos a sumas tan elevadas que se convierten en una de las principales barreras de entrada, y aumentan la brecha que existe entre los ciegos y la tecnología. Los ciegos no creen que el impacto marginal en su desempeño de movilidad valga el altísimo costo que tiene cada uno de estos dispositivos. Al hecho de que sean soluciones en general cerradas, se le suma el que además son configuraciones localistas, en donde se utiliza un solo idioma (en el caso de audio hablado), principalmente en inglés.

Otro problema que se plantea repetidamente en la literatura es que no se han realizado estudios formales de usabilidad que validen las interfaces y el diseño de los dispositivos para ser utilizados por usuarios ciegos, en un contexto de movilidad. Las ayudas tradicionales para ciegos son “...*incómodas de portar, y pueden ser personalizadas con dificultad y en forma manual, y generalmente no indican la posición del usuario*” [102]. Generalmente tampoco se han realizado evaluaciones formales del impacto en la movilidad y orientación antes y después de utilizar los dispositivos, por lo que la real incidencia que éstos poseen en la vida de los ciegos no ha sido cuantificada científicamente.

Con esta revisión no se pretende realizar una objeción al utilizar tecnología de avanzada, sino que se propone enfrentar el problema desde un enfoque más práctico, el cual se centra en las necesidades y problemática de las personas con discapacidad visual durante la navegación por un ambiente cerrado, y cómo resolverlas con tecnología que esté

---

<sup>1</sup> Es decir, la utilización de audio no hablado para entregar información.

verdaderamente a su alcance, y con la cual se haya comprobado que ellos pueden familiarizarse y utilizar para diferentes tareas. Para poder obtener un buen resultado hay que partir de la base de que no se busca reemplazar a las ayudas de navegación primarias como lo son el bastón o los sentidos restantes, sino complementarlas.

Los dispositivos utilizados para apoyar la M&O de personas con discapacidad visual deben tener un ciclo de vida limitado. Esto significa que la tecnología involucrada debe apoyar la adquisición y desarrollo de habilidades de M&O, pero no reemplazar los procesos cognitivos y sensitivos involucrados en el camino. El objetivo final es que los individuos ciegos puedan navegar de manera independiente, y para ayudar a alcanzar este objetivo es que se utiliza un medio como los dispositivos electrónicos de navegación. Por lo mismo, el rol que juegan los ETAs en la navegación debería ser menos significativo a medida que el individuo desarrolla más estrategias y habilidades de M&O, y mientras construye modelos mentales más completos y complejos del entorno y sus relaciones espaciales.

## **5.4 Lineamientos**

Desarrollar software para personas con discapacidad visual es un gran desafío al momento de diseñarlo, ya que es necesario un enfoque multidisciplinario. Muchos problemas de diseño y usabilidad pueden evitarse siguiendo una serie de recomendaciones que investigadores de diferentes lugares del mundo han sugerido. Es importante considerar estos lineamientos al momento de diseñar un sistema de apoyo a la M&O, considerando el caso especial de tener a niños ciegos como usuarios. Estas recomendaciones son en primer lugar adaptadas y aplicadas para el caso de software con usuarios con discapacidades visuales y consideran aspectos de interfaz y modelos de interacción acordes a este tipo de usuario, y que han sido complementadas y extendidas para el caso particular de software orientado a la movilidad y orientación, y consideran desde aspectos de interfaz e interacción, hasta las características que todo ETAs debería poseer. En primer lugar se discuten aspectos de la metodología y modelo utilizados en el software, para luego presentar lineamientos relacionados con la enseñanza en ciegos, de manera tanto general como a través de la utilización de software, así como en el caso de la enseñanza de M&O.

### **5.4.1 Acerca de la Metodología**

En el contexto de un software para M&O –y en rigor para cualquier proyecto– es deseable un sistema que sea escalable, flexible, y que pueda ser adaptado a diferentes escenarios. Una manera de lograr esto es utilizando modelos que hayan sido validados en contextos similares, y ajustarlos (en el caso de ser necesario) a las necesidades del proyecto en cuestión. Por otro lado, se desea que los niños realmente utilicen la ayuda desarrollada para ellos. Esto se logra, por un lado, desarrollando un software atractivo y motivador, de tal manera de que para ellos tenga sentido utilizarlo. Juegos y actividades lúdicas son una manera apropiada de lograrlo. Por otro lado, no importa lo atractivo o entretenido que pueda ser el software si los usuarios simplemente no son capaces de utilizarlo. Por lo tanto, realizar evaluaciones de usabilidad es un requerimiento imprescindible.

Estas ideas han sido mencionadas por Baloian & Sánchez [72] quienes han afirmado que al desarrollar software para usuarios ciegos, y que además son niños, el lineamiento más trascendente es que este tipo de software se base en un modelo, que sea orientado al juego, y que considere pruebas de usabilidad. Diversas consideraciones adicionales han sido propuestas, en relación a la interfaz, del dispositivo a utilizar y de los modelos de interacción, entre otros.

### 5.4.2 El Modelo

Un modelo y metodología apropiados que pueden ser adaptadas para un desarrollo en el contexto de M&O es el propuesto por [72], y que ha sido aplicado exitosamente en el diseño y desarrollo de un juego basado en audio para niños ciegos [18]. El modelo (Figura 10), utiliza una combinación de desarrollo incremental y evolutivo, en donde se distinguen etapas de análisis, diseño, desarrollo y validación, dentro de las cuales se identifican actividades que consideran con mayor precisión las particularidades de desarrollar software para niños ciegos. Este modelo es un punto de partida para software de M&O para usuarios ciegos, ya que considera un enfoque de prototipos que permite disminuir el riesgo asociado, además de ser ajustable a potenciales nuevos requerimientos a un bajo costo.

El modelo propuesto ha sido adaptado implícitamente para reflejar las nuevas interacciones y características que surgen al utilizar software para dispositivos móviles y orientado a M&O. Al trascender desde una aplicación de escritorio hacia una móvil, la principal alteración tiene relación con reconocer el rol que juega el entorno para los usuarios. Al considerar dispositivos móviles el contexto es extremadamente importante, ya que el ambiente gatilla las acciones de los usuarios, además de ser dinámico y evolutivo.

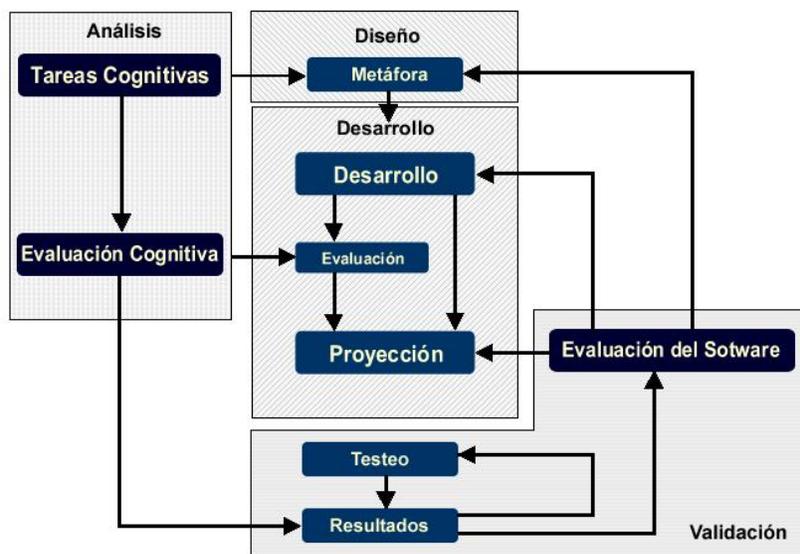


Figura 10. Modelo de software para niños ciegos [72].

### 5.4.3 Orientación lúdica

Al considerar niños como los usuarios finales, es muy importante que el software sea orientado al juego, y que ellos aprendan de forma lúdica. Como Kish *et al.* [40] plantean, para poder instruir a un niño es necesario que el esté realmente dispuesto a aprender. El proveer de instrucción en un contexto que el aprendiz disfrute es la manera más efectiva de que el niño acepte nuevos materiales, y desarrolle aceptación frente a nuevos estímulos y situaciones. Si se combina la educación y el entretenimiento (*edutainment*), es posible proveer de una experiencia más dinámica y atractiva, y de esta manera promover un aprendizaje más efectivo. Jugar es una manera adecuada de alcanzar un mayor nivel de compromiso de los aprendices en el proceso de aprendizaje, derivado de la unión emocional del jugador con el juego.

Son numerosas las contribuciones que poseen los juegos en los procesos de aprendizaje. Shaftel *et al.* [84] proponen, entre otros, que los juegos tienen una importante relación en la resolución de problemas, permiten a los estudiantes a intentar nuevas estrategias, estimulan el razonamiento lógico, además de motivar a los aprendices a desarrollar habilidades como concentración en una tarea, destrezas sociales (tomar turnos, cortesía), cooperación con los otros, habilidades de liderazgo y motricidad fina.

Debido a que a veces el aprendizaje involucra estar equivocado, los juegos son una buena y atractiva manera de practicar lo aprendido una y otra vez, sin consecuencias serias (lo que es particularmente cierto en el caso de un ciego desplazándose por un ambiente desconocido). Al mismo tiempo, cuando un niño encuentra algo entretenido, es probable que lo repita una y otra vez. Esto es importante de considerar, ya que el navegar por un espacio sin el sentido de la vista es una actividad que tiene niveles de stress y ansiedad asociados, por lo que las lecciones de M&O deben minimizarlo, y en donde una aproximación lúdica puede contribuir a enfrentar este problema.

### 5.4.4 Evaluaciones

El modelo propuesto considera una actividad esencial al momento de desarrollar software para usuarios ciegos: evaluaciones de usabilidad de usuario final. Esto es fundamental para obtener información acerca de la aceptación de los usuarios y de sus modelos mentales para representar los elementos y entornos presentados por el software. Considerar elementos adicionales como evaluaciones heurísticas o recorridos cognitivos puede ser positivo además para revelar requerimientos ocultos y corregir errores de interfaz.

Virtanen & Koskinen [101] afirman que las evaluaciones de un dispositivo deben ser realizadas no en términos de la cantidad de información que entregan, sino que en términos de los beneficios reales que éstos producen. Es importante que los niños puedan practicar en los ambientes reales que ellos enfrentarán, por medio de actividades seguras, pero de manera tal que además se nutran de las vivencias reales que necesitan experimentar.

### **5.4.5 Acerca de la Interfaz**

La interfaz debe ser intuitiva y conveniente de usar, tal que presente modelos de interacción óptimos para seleccionar tipos, cantidades y maneras de presentar la información [102]. Además, los usuarios deben ser capaces de ajustar la presentación de la información de acuerdo a sus propios intereses y necesidades, lo que debe ser provisto de una manera que ellos realmente puedan utilizar.

Al tener a personas con discapacidad visual con algún remanente visual como usuarios, es importante diseñar las interfaces de manera tal que se explote al máximo su canal visual para recibir información. Si es utilizado texto escrito (como en menús o etiquetas), la tipografía debe considerar fuentes sin serif, pues la resolución de los monitores es menor que el papel. Esto hace más fácil la lectura en pantalla y menos agotadora. Además debe considerar un interlineado claro y colores contrastantes (tales como azul/amarillo o blanco/negro) [18].

Por otro lado, se deben privilegiar las imágenes icónicas por sobre las fotográficas. Es más probable que una persona con discapacidad visual no sea capaz de apreciar detalles pequeños de una imagen (los rangos faciales de un personaje, por ejemplo). Por lo tanto, es más recomendable utilizar una iconografía simple y clara. Todos los íconos y botones deben tener un buen contraste con el fondo, y deben estar asociados a pistas auditivas que permitan a los usuarios comprender completamente sus funcionalidades.

### **5.4.6 Acerca de la Interacción**

Es necesario proveer de distintas alternativas para realizar la navegación por el espacio virtual [18]. Esto incentiva a los usuarios a explorar distintas estrategias de desplazamiento, a construir conocimiento de las rutas, ubicaciones y tiempos, entre otros. Esto favorece finalmente en la construcción de la representación mental del ambiente virtual. Aún más, explorar diferentes estrategias de navegación y enfoques en un ambiente controlado y seguro puede ser el primer paso para motivar a los individuos con discapacidad visual a hacer lo mismo en ambientes reales.

Es necesario tener presente que son los usuarios quienes deben ser capaces de tomar todas las decisiones y de realizar todas las acciones durante la interacción. Ellos deben ser capaces de interactuar libre y directamente con cada elemento del ambiente, cuando así lo deseen. Si bien algunas veces algún nivel de guía es necesario, los usuarios deben poder decidir si aceptar las sugerencias hechas o no.

Por otro lado, cada acción realizada por el usuario debe poseer una respuesta inmediata y clara (*feedback*), consecuencia de la acción realizada. De esta manera el usuario sabe constantemente qué ha realizado y que consecuencia ha tenido el realizarlo, apoyando la interacción cognitiva.

#### 5.4.7 Acerca de las pistas de audio

Cuando se cuenta con personas con discapacidad visual como usuarios finales, el audio es un canal esencial para proveerles con información. Deben ser incorporadas pistas auditivas para la construcción del modelo mental por parte de los usuarios, y de esta manera fortalecer la interacción de ellos con el ambiente virtual. El audio debe ser de buena calidad, y debe identificarse claramente cuándo y cómo debe ser utilizado [18].

Cuando se escogen los sonidos a utilizar, los diseñadores deben tener presente además que los sonidos no verbales son más fáciles de escuchar que las pistas de audio hablado [51], no distraen a la persona ciega de la navegación, y pueden ser fácilmente ignorados si el usuario así lo desea. Los sonidos icónicos –a veces llamados *earcons*– son una manera apropiada de transportar información, ya sea ésta general, específica o cuantitativa. Los *earcons* son no disruptivos para los usuarios [102]. Lógicamente, la utilización de *earcons* no implica que no se pueda utilizar una forma verbalizada de audio. Si van a ser utilizados sonidos hablados (para dar una descripción más completa de un punto de referencia, por ejemplo), estos pueden ser más útiles si se utilizan puntos cardinales en las descripciones, si se dan distancias en función del conteo de pasos, y se utilizan conceptos de M&O (giros, alineaciones, por ejemplo). Pero los sonidos hablados –aunque puedan parecer útiles y atractivos– tienen la desventaja de que no pueden ser modificados ni personalizados en forma posterior a su grabación. Por esta razón, soluciones como *streaming* de audio o motores de texto hablado pueden ser apropiadas en este contexto.

Es esencial que los sonidos artificiales no ocluyan los sonidos naturales del entorno. Una manera de lograr esto es considerar el “*efecto cóctel*” al momento de proveer las pistas auditivas en la presencia de sonidos ambientales. Esto significa que es posible aprovechar la capacidad de los seres humanos de escuchar numerosas fuentes de sonido emitiendo al mismo tiempo, sin confundir la información. Esto también considera que el oyente puede elegir un sonido particular y concentrarse en él, tal cual como lo hacen las personas cuando varios individuos se encuentran hablando y encuentran una conversación de su interés (como puede ocurrir en un cóctel, por ejemplo).

En el caso de un sistema de navegación, los sonidos estéreo a través de un par de audífonos no son lo más apropiado de utilizar, pues provocan una oclusión significativa de los sonidos ambientales. Incluso utilizar solamente sonidos monofónicos, a través de un solo audífono, es apropiado solamente si éstos no bloquean los sonidos ambientales que los ciegos utilizan como uno de los principales canales receptores de información al momento de navegar [39].

Si se utilizan sonidos para identificar *landmarks*, éstos deben ser representativos a esos puntos de referencia, de manera que los usuarios puedan identificarlos a través del sonido. Por ejemplo, si una fuente de agua es utilizada como punto de referencia, el sonido de agua corriendo puede ser un efecto de sonido apropiado para utilizar.

#### **5.4.8 Acerca de la Información y Contenido**

La información que se presenta debe ser la justa y necesaria, de manera de no recargar los mensajes, pero que al mismo tiempo permita formarse una imagen básica del entorno. Esto puede ser complementado utilizando conceptos de M&O [29]. Las instrucciones deben ser claras y precisas, de manera tal que el usuario sea capaz de recordarlas durante su interacción con el software de navegación [18], [102]. Esto tiene como fin el presentar la información de una manera en que pueda ser procesada por los usuarios sin distraerlos de su función principal: navegar por el entorno.

Por otro lado, la información debe estar disponible en todo momento, y los usuarios deben ser capaces de poder escuchar los mensajes cuando lo requieran. Es importante considerar que algunas veces la interacción puede ser más bien asíncrona. Por ejemplo, si un usuario está oyendo una pista ambiental como un mensaje que está siendo reproducido en un parlante de una estación del metro, y una persona le comienza a hablar, el podría perder la información emitida. De esta manera, los diseños deben considerar la característica asíncrona de la interacción, y proveer de vías para repetir los mensajes importantes en momentos futuros.

La información que entrega un sistema de navegación debe ser *contextualizada*. No cualquier pieza de información disponible es realmente útil para los objetivos de navegación del usuario. Solamente un reducido subconjunto de información debe ser presentado a los usuarios, de acuerdo a las necesidades que éstos tengan durante la navegación. En esencia, un ETA debería proveer con la orientación y posición de los usuarios [102], sus destinos y los puntos de referencia para alcanzarlos –evitando así una sobrecarga cognitiva. Además es necesario considerar que cada persona es diferente a la otra, por lo que a veces un trozo de información que es significativo y relevante para un individuo puede ser completamente incidental para otro. Por lo mismo, algún grado de personalización debe ser considerado. De esta manera, el dispositivo para la navegación debe ser capaz de adaptarse a los usuarios, determinando el tipo de pistas que serán presentadas, en concordancia con las necesidades y la experiencia del usuario actual. La personalización debiera ser realizada por los usuarios, pero también podría ser parte de agentes inteligentes que aprendan y proyecten las necesidades presentes y futuras de los usuarios, a través de interfaces adaptativas.

#### **5.4.9 Acerca de la Representación del Entorno**

Al tratar con ambientes interiores, es posible tomar ventaja del hecho de que algunos elementos se repiten a través de diferentes ambientes. Por ejemplo, la mayoría de los ambientes interiores son aproximadamente rectángulos o relativamente cuadrados. La mayoría de ellos tienen cuatro murallas, un piso, techo y por lo menos una entrada o salida. Una instancia de este tipo de configuración son las salas de clase. Ahora bien, es posible decir que casi todas las salas de clases tienen una pizarra, sillas, mesas, etc. De esta manera, si un estudiante es capaz de comprender la distribución y composición de una sala, no es difícil que pueda generalizar su conocimiento al resto de las salas. La misma idea se puede extender a otros entornos como un centro comercial o una municipalidad, entre otros.

Esta idea puede ser complementada con el trabajo realizado por Kàpic [39], quien afirma que para representar un ambiente y sus rutas es recomendable utilizar un enfoque de rectángulos o similares. El autor propone además que las rutas deberían ser compuestas de segmentos rectos, que se intersecten en ángulos de 90 grados, y cuyas longitudes no excedan los 10 metros. Si utilizar ángulos rectos no es apropiado para un ambiente particular, entonces es posible utilizar la navegación por reloj<sup>1</sup> para presentar las direcciones. El autor además plantea que la ubicación y orientación del usuario debe ser conocida constantemente, y que debe existir algún mecanismo para detectar cuando el usuario ha salido de un camino a seguir, de manera de asegurar que éste se encuentra siempre en la dirección correcta.

#### **5.4.10 Acerca de los Dispositivos e Infraestructura**

El o los dispositivos que se utilicen deben ser lo suficientemente pequeños para que los usuarios puedan transportarlos cómodamente (en una mano o bolsillo). Esto significa que los dispositivos utilizados deben cumplir tres requerimientos mínimos. En primer lugar, no deben interferir con la ayuda de movilidad primaria, como bastones o perros guías. Segundo –tal como muchas personas con discapacidad visual prefieren, de acuerdo a las entrevistas realizadas– una ayuda de M&O no debería destacar al usuario como alguien con limitaciones. Esta es una de las razones de por qué muchos niños ciegos prefieren no utilizar bastón, ya que aunque es una ayuda de movilidad con muchas ventajas, identifica y asocia claramente a su portador como alguien con discapacidades visuales. En tercer lugar, los dispositivos deben ser cómodos –tanto en su tamaño y peso– como en las interfaces con las cuales el usuario interactúa.

Los dispositivos utilizados en un contexto de M&O deben poseer un bajo consumo de energía, de manera de proveer un servicio ininterrumpido por lapsos de tiempo adecuados. El software diseñado para este tipo de dispositivos debería además proveer de mecanismos de alerta para cuando la batería se esté agotando. Por otro lado, muchos de estos dispositivos manejan algún nivel de base de datos, y de características multimedia de entrada y salida de información (micrófonos, altavoces o audífonos), lo que implica una capacidad de procesamiento mínima. Sobre esto, Kàpic [39] plantea que los dispositivos deben poseer un sistema de monitoreo interno que provea de información de la batería y recursos de procesamiento restantes.

En algunos contextos puede ser apropiado considerar sistemas multiusuario, en los cuales éstos sean capaces de recibir y utilizar servicios dependientes de la ubicación, tanto de repositorios estáticos (como bases de datos centralizadas o distribuidas), como también de otros usuarios [102]. Un ejemplo de esto es un sistema que permita que cada usuario registre sus propios puntos de referencia, lo que de acuerdo a algún protocolo podría propagar y compartir con el resto de los usuarios. Claramente, la infraestructura que provea este tipo de servicios debe ser escalable y tal que mantenga la privacidad de los usuarios (por

---

<sup>1</sup> Es decir, aquella surgida de la aviación en donde las posiciones de los elementos se determinan siguiendo los punteros de un reloj acostado; es decir, si se indican las 12:00, entonces el objeto está adelante; si se indican las 3:00, entonces estará a la derecha, a las 6:00 atrás y así sucesivamente.

ejemplo, en el caso de que un usuario pueda descargar un mapa de navegación al momento de ingresar a un edificio público).

Finalmente, es imprescindible que el costo de una solución de esta naturaleza (considerando dispositivos e infraestructura) sea bajo, y que implique la menor cantidad de cambios y disrupción del entorno actual, de manera de hacerlo replicable en cualquier lugar.

#### **5.4.11 Lineamientos específicos para M&O**

Es necesario considerar que el enfoque de este trabajo no es entregar soluciones a cada problema relacionado con la movilidad y orientación que se le pueda presentar a cada niño, sino más bien incentivar la utilización de estrategias para lograr un desplazamiento independiente y seguro, así como también eficiente.

En relación a la enseñanza de M&O, diversos autores [4], [8], [51], [5] han propuesto algunas guías que pueden ser combinadas, complementadas y adaptadas considerando el caso del apoyo de M&O a través de software para usuarios con discapacidad visual.

En primer lugar hay que tener presente que los niños ciegos deben ser colocados en situaciones que les exijan resolver problemas, de manera tal que ellos perciban y piensen, tanto en forma individual –al ritmo de cada uno– como en forma grupal y cooperativa. Es por esto que se sugiere no intentar desarrollar una solución que resuelva cada problema específico que pueda tener un niño ciego al momento de navegar, sino que debe ser un apoyo que les permita resolver a ellos mismos los problemas, promoviendo la utilización de habilidades y estrategias de M&O. Claramente, es necesario considerar la curva de aprendizaje de cada niño, comenzando con elementos que les sean familiares, y con lecciones simples, antes de pasar a esquemas más complejos y desafiantes.

Es de extrema importancia considerar que no deben ser los desarrolladores o facilitadores quienes tomen las decisiones por los niños al momento de presentar rutas para llegar a algún lugar. De acuerdo a las entrevistas realizadas y a la observación en terreno, es posible afirmar que algunas veces las personas –videntes o ciegos– pueden escoger un camino que no parece ser el más “óptimo”, pero que en realidad posee beneficios ocultos para ellas, que influyen la decisión. Es decir, las personas con discapacidad visual son capaces de encontrar una cierta ruta que es la más corta y navegarla, pero a veces ellos basan sus decisiones en factores que van más allá de ahorrar tiempo. Por ejemplo, ellos pueden preferir utilizar una ruta menos demandante cognitivamente, menos transitada, con puntos de referencia que son más fáciles de detectar, o con menos ruido ambiental<sup>1</sup>, entre otros. Hay veces que ni siquiera les interesa que ruta toman, por ineficiente que ésta sea, si los lleva a destino. Son ellos quienes deben tener la opción de elegir diferentes alternativas de navegación, y deben tomar sus decisiones de manera informada.

Las personas con discapacidad visual quieren saber dónde se encuentran y que objetos hay próximos, pero no quieren que una persona o dispositivo les esté indicando

---

<sup>1</sup> En el sentido de aquellos sonidos que distraen, no los que pueden ser utilizados como referencias.

constantemente cada posible elemento que exista a su alrededor. Al aumentar la realidad a través de extender artificialmente su percepción, es necesario que se privilegie entregar la información que los ciegos no puedan detectar por su propia cuenta. Una vez que el ciego sepa dónde se encuentra, el siguiente paso es ayudarlos a planificar una ruta con un propósito claro, suministrando la información necesaria para que los usuarios puedan tomar una decisión informada de los segmentos por recorrer. Eso se logra no sólo entregando información de landmarks, sino además entregando información adicional como el costo de cada camino (en términos de sus largos y potenciales peligros, por ejemplo).

Según Baldwin [5], enseñar rutas debe tener un propósito concreto, donde los aprendices sean capaces de navegar a lugares que son de interés para ellos. Esto es complementado con una estrategia orientada a metas. El estudiante debe desplazarse a lugares que le sean atractivos. Desarrollar habilidades exitosas de desplazamiento depende de las ganas de moverse y confrontar el ambiente con un propósito claro. Los niños no actúan de una manera simplemente porque se les diga, sino porque tiene sentido para ellos hacerlo [40]. Luego de que el estudiante sea capaz de navegar una cierta ruta, es apropiado revertirla, e incrementar el número de puntos de referencia en ella.

Cuando se enseñan rutas a personas con discapacidad visual, es esencial utilizar puntos de referencia o *landmarks*, pues permiten ubicarse espacialmente, y a través de la memorización de éstos, reconstruir fácilmente una ruta a medida que las referencias aparecen en el camino. Es necesario además proveer de algún grado de personalización al utilizar *landmarks*. Cada persona utiliza diferentes conjuntos y combinaciones de texturas, olores y sonidos para orientarse. Lo que es útil para una persona no necesariamente lo será para todas las demás. Aún más, puede que ni siquiera sea percibido de igual manera por todas las personas con discapacidad visual. La información de *landmarks*, en combinación con una interfaz basada en audio puede potenciar el modelo mental de los individuos ciegos [51], por lo que es fundamental enfocar los esfuerzos en desarrollar ayudas de navegación que apoyen el entrenamiento y la utilización de puntos de referencia, ya que será beneficioso para los niños ciegos al momento de navegar.

**VI**

**DISEÑO**

# Diseño – El Software E.M.O

## 6.1 El Software E.M.O

El software desarrollado, que lleva por nombre EMO –Estrategias de Movilidad y Orientación– está orientado a desarrollar habilidades y estrategias de Movilidad y Orientación en niños ciegos, mediante la utilización de dispositivos móviles (en particular dispositivos Pocket PC). El objetivo principal del software EMO es que al ser utilizado en conjunto con tareas cognitivas permita aumentar el conocimiento del usuario con discapacidad visual de un entorno real representado en el dispositivo Pocket PC, y le permita lograr construir una representación del mismo, mientras expande sus habilidades de M&O. El software es un sistema de apoyo a la navegación de las personas ciegas, con una interfaz basada principalmente en sonido, que además de proporcionar información relevante y útil a los usuarios, está orientada al desarrollo de habilidades y estrategias por parte de niños ciegos que buscan mejorar su movilidad y orientación en entornos cerrados, tanto familiares como desconocidos, en el contexto particular de la escuela.

El modelo utilizado para el diseño del software EMO es el propuesto por [72], que es particularmente apto al momento de desarrollar software que tiene como usuarios finales a niños con discapacidad visual. Como fue mencionado, este modelo utiliza un modelo incremental y evolutivo, con un enfoque orientado al desarrollo de prototipos, lo que permite disminuir el riesgo asociado a un desarrollo de esta naturaleza, y permite incorporar nuevos requerimientos que pueden surgir luego de las evaluaciones de usabilidad del software.

Siguiendo la clasificación propuesta por Hogan [31], el sistema EMO corresponde a un sistema dinámico basado en infraestructura, ya que utiliza una PDA (y por tanto, depende de la batería de la misma) y por otro lado depende de la infraestructura necesaria para obtener información de posición y orientación en tiempo real (recordando que en una primera etapa esto será solamente simulado).

Con el fin de dar una primera descripción del software desarrollado, es apropiado mencionar que éste funciona en metáforas diferentes: *Navegación en tiempo real*, *Simulación*, y *Tutorial* (Figura 11).

El **tutorial** consiste en un entorno virtual ficticio, que posee información destinada a facilitar el proceso de apropiación del software, entregando contenido tanto de las funcionalidades del software como de los elementos utilizados en las representaciones de los ambientes virtuales incluidos. El objetivo del tutorial es que los usuarios aprendan a controlar las acciones del software por sí mismos, descubriendo a su propio ritmo la forma en que los ambientes virtuales son construidos dentro del software y conociendo los distintos elementos utilizados (pasillos, puertas, puntos de referencia).



Figura 11. El software EMO.

En la **simulación**, el usuario puede recorrer el entorno virtual que tenga asociado (su colegio, por ejemplo), comenzando de un punto de partida definido, y utilizando una serie de funcionalidades para la navegación<sup>1</sup>. En la simulación el usuario puede navegar por todo el ambiente libremente, recorriendo en diferentes direcciones, y conociendo los elementos a través de la navegación y la utilización de las acciones del software. Cada usuario existente en el sistema del software tiene un ambiente asociado, el que puede ser modificado sencillamente de manera externa, a través de un archivo de configuración.

Finalmente, en la **navegación en tiempo real** el usuario puede realizar tareas similares a la simulación, con la diferencia que la posición del usuario dentro del ambiente virtual no se actualiza por medio de la interacción con el dispositivo (en particular, por medio del *joystick*), sino que se obtiene a través de un archivo de texto, simulando lo que en el futuro podría estar implementado, por ejemplo, a través de un servicio Web.

## 6.2 Arquitectura

La arquitectura del software EMO (Figura 12) utiliza una serie de fuentes de información locales. El primer paso que se realiza es recuperar las configuraciones de los usuarios existentes en el sistema a partir de los archivos de configuración XML, es decir, se realiza el *perfilamiento de usuarios*. A través de este mecanismo se obtienen los datos de cada usuario (como el nombre), su mapa de navegación asociado, y sus posibles puntos de referencia creados en sesiones anteriores. En esta etapa se discrimina además si comenzará una simulación por un ambiente que representa un entorno real o si se trata del ambiente de entrenamiento del software (tutorial).

<sup>1</sup> Descritas en el capítulo 7.5, Interacción

A continuación se recupera la información del mapa de navegación asociado al usuario que haya comenzado a interactuar con el software, que se encuentra en los archivos XML que contienen las descripciones de los mapas de navegación. A través de la *recuperación de mapas* se construye el ambiente virtual a ser navegado por el usuario, quien ya está en condiciones de iniciar una simulación. La etapa de recuperación de mapas en el futuro podría ser realizada a través de algún repositorio remoto, de manera de poder descargar un mapa desde la red, o al momento de ingresar al entorno real.

Durante la interacción, el usuario es capaz de crear nuevos puntos de referencia personales, los que son almacenados en forma persistente en el archivo de configuración correspondiente, o de eliminar los creados previamente, a través de la *administración de puntos de referencia*. Esta información es superpuesta al mapa de navegación que corresponda.



Figura 12. Arquitectura del software EMO.

Existen además dos maneras en que el sistema actualiza la posición del usuario en el ambiente virtual, dependiendo de si se trata de la navegación en tiempo real o de una simulación. En el primer caso, la información de posición es obtenida a partir de un archivo de texto plano que contiene todos los datos necesarios para la *construcción de recorridos* de

manera artificial. De esta manera es posible simular a un usuario navegando físicamente por el entorno real representado. Esta información podría ser obtenida de manera remota (y real) a través de algún servicio web o un módulo adicional incorporado al software en una etapa futura. En el caso de estar bajo la metáfora de simulación, la información de posición del usuario se obtiene a partir de la interacción del mismo, en particular a través del joystick.

La última fuente de información que utiliza el software es al crear un registro de la interacción del usuario, en donde se describen todos sus desplazamientos, acciones tomadas y tiempos en los que ocurrieron, a través de mecanismos de *logging*<sup>1</sup>.

## 6.3 Diseño lógico del Software EMO

### 6.3.1 Lógica de videojuego

La arquitectura lógica fue diseñada tomando como base el modelo propuesto por [15], que se encuentra dentro de la documentación de Microsoft para la programación de C#, y en el cual se presenta un modelo para el diseño de videojuegos, y que considera elementos que son comunes y apropiados en este desarrollo.

La primera consideración necesaria es que las aplicaciones basadas en ventanas en general se encuentran en un estado *idle* (es decir sin realizar ninguna tarea concreta, sólo esperando ciertos eventos en un determinado ciclo de tiempo). Por otro lado, los juegos se encuentran constantemente ejecutando ciclos de renderización<sup>2</sup> para actualizar el contenido desplegado en la pantalla, a una cierta tasa. Para comprender la lógica que existe detrás del software EMO, es necesario considerar que se trata de un **software interactivo multimedia de tiempo real concurrente**.

Existen una serie de eventos *concurrentes*, como verificar las distintas interacciones con los botones del dispositivo, con la pantalla, la creación de los objetos y el cambio de sus posiciones (con la consiguiente renderización), entre otros. La concurrencia es necesaria, pues permite que varias instrucciones puedan ser ejecutadas al mismo tiempo. Esto no se refiere al paralelismo que realiza el hardware o sistema operativo al otorgar diferentes ciclos de procesamiento a cada proceso ejecutándose en un determinado momento, sino a las instrucciones propias de la misma aplicación. Esto es simulado, ya que para que existiera un verdadero paralelismo serían necesarios muchos procesadores, cada uno de los cuales se encargaría de una instrucción (se puede pensar en una instrucción como en una actualización que realiza una componente de la aplicación).

---

<sup>1</sup> Por *logging* se refiere al proceso de dejar registros sobre acciones cometidas durante un proceso (transacción bancaria, interacción de un usuario con un sistema, etc.).

<sup>2</sup> La palabra "renderización" es una adaptación al castellano del vocablo inglés *rendering* y que define un proceso de cálculo complejo desarrollado por un computador destinado a generar una imagen o secuencia de imágenes, generalmente en tres dimensiones. *Renderizar* también es utilizada coloquialmente como la acción de asignar y calcular todas las propiedades de un objeto antes de mostrarlo en pantalla.

El software es *interactivo* pues es el usuario quien decide hacia dónde desplazarse y qué funcionalidades utilizar, lo que ocurre *en tiempo real*, ya que las posiciones, sonidos y similares son actualizadas en tiempo de ejecución. La interactividad se incorpora a los eventos concurrentes en tiempo real, detectando en cada iteración del juego la detección y registro del *input* del usuario, ejecutando los diferentes comportamientos propios de cada elemento, manejando colisiones, etc.

Cuando todos los objetos son actualizados (posiciones, estatus), éstos son renderizados luego de cada ciclo. Al comienzo de cada ciclo se prepara un frame en blanco (es decir, sin elementos), para luego renderizar cada objeto en forma secuencial, reflejando los posibles cambios de posición que pueden haber ocurrido. Esto da la ilusión de una animación.

Al modelo se le añade la importante característica *multimedia*, que es proporcionada por medio de interfaces diseñadas para usuarios con discapacidad visual, y que son presentadas en detalle en el capítulo 7.7, Interfaces e Interacción.

### **6.3.2 Ciclos de renderizado. El problema de los cuadros por segundos**

La versión original del modelo utilizado considera que cada segundo sea dividido en 60 partes. De esta manera, cada componente tiene un tiempo de  $1/60$  (0.016) fracciones de segundo, es decir 16.66 milisegundos disponibles para sí. Si cada 16.66 milisegundos se actualiza en forma secuencial cada componente del juego, quiere decir que cada una de ellas será actualizada 60 veces en cada segundo. Esto dará la ilusión al usuario que todos los eventos (instrucciones o actualizaciones) ocurren al mismo tiempo, es decir, en forma paralela, cuando en realidad ocurren secuencialmente.

De esta manera, una *iteración del juego* ocurre cada 16.66 ms., las que se repiten durante toda la ejecución de la aplicación, y en cada ciclo los eventos concurrentes son controlados. Esta iteración es lo que algunos ambientes de programación (como Director y Flash de Macromedia) presentan como *frames*, haciendo referencia a lo que ocurre con los filmes de películas y videos para lograr las animaciones de los elementos en una escena. Se llama *velocidad del juego* a la cantidad de frames por segundo que son presentados. Si las actualizaciones son realizadas con una frecuencia de 60 veces por segundo, entonces la velocidad del juego será de 60 fps (frames por segundo).

La duración de cada iteración afecta que tan suave o brusca se ve la animación y el paralelismo de los eventos concurrentes. Si se utiliza una iteración muy larga, como por ejemplo 0.1 s, entonces la simulación se verá lenta. Si es muy rápida, entonces la animación parecerá dar “saltos”, y no lucirá natural. Es decir, mientras mayor sea la tasa de fps, se tendrá una mayor definición en los movimientos. Las cámaras tradicionales graban a tasas entre 24-30 fps, de acuerdo a la capacidad de percepción del ojo humano. Para el software hay discrepancia aún, ya que la tasa utilizada y recomendada depende del tipo particular de software –por ejemplo, algunos videojuegos de primera persona utilizan tasas entre 60-90 fps.

Para el caso de un desarrollo en Pocket PC, debido a la reducida capacidad de procesamiento el tratamiento de los cuadros por segundos y la renderización puede ser un problema bastante complejo de resolver, debiendo someter el código a optimizaciones que permitan tener una secuencia fluida de animación. En el caso particular de este trabajo, si bien se consideró en principio tratar el problema de los frames, luego de la creación de los primeros prototipos se verificó que esto no debía ser un tema de preocupación, por dos razones. Primero, al ser un software con interfaces basadas en sonido, la fluidez de la renderización pasa a segundo plano, importando sólo que los eventos (clicks en pantalla, utilización de botones) sean capturados cuando corresponda. En segundo lugar, la fluidez de la renderización es importante cuando la metáfora que utiliza el software es de movimiento continuo (un personaje caminando en un mundo virtual, o un auto de carreras, por ejemplo). En el caso del software EMO la metáfora utilizada considera un movimiento discreto, donde cada desplazamiento es a saltos de 5 pixeles. Por esta razón, aunque se dibujen menos de 24 cuadros por segundo el resultado es un movimiento lo suficientemente suave para lograr una buena simulación.

Si bien la fluidez de la renderización no era un aspecto realmente relevante en este desarrollo, si se realizaron algunos experimentos para conocer la tasa de renderizado que presentaba el software. Para esto se realizaron mediciones del tiempo que tomaba cada ciclo de renderizado en diferentes escenarios: con y sin desplazamientos; con pocos y muchos elementos en la escena; utilizando el TTS y sonidos, etc. La información de las mediciones fue almacenada en archivos de texto plano para su posterior análisis, considerando muestras de entre 20 y 30 segundos de renderizado.

Para analizar los ciclos de renderizado se consideró que el mínimo de frames aceptado para dibujar son 20 fps, pues con esto se logra una animación continua fluida en el dispositivo Pocket PC. Es decir, el tiempo máximo que se puede demorar un ciclo de renderizado es 0.05 segundos (Figura 13). Siguiendo esta lógica, si el número deseado de fps en promedio es de 25, entonces cada ciclo de renderizado debería tardar cerca de 0.04 segundos.

$1 \text{ seg.} \rightarrow 20 \text{ frames}$	$1 \text{ seg.} \rightarrow 24 \text{ frames}$
$0.05 \text{ seg.} \rightarrow 1 \text{ frame}$	$0.04 \text{ seg.} \rightarrow 1 \text{ frame}$
<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>

**Figura 13. Relación de los ciclos de renderizado.**

De esta manera, si el tiempo medido en cada ciclo era menor a 0.04 segundos, esto indicaba que se estaban dibujando más de 24 fps., es decir, que se estaba renderizando más de lo necesario, y por ende, desaprovechando ciclos de procesador. Si ocurre este problema, entonces se pueden utilizar algunas herramientas para liberar tiempo de procesador, como incluir un ciclo de *sleep*, en donde solamente se capturen los eventos, sin realizar ninguna acción adicional, hasta que se alcance el tiempo de 0.04 segundos. Por otro lado, si el tiempo medido en cada ciclo de renderizado es mayor a 0.05 segundos, entonces quiere decir que se están dibujando menos de 20 fps., lo que provocará una animación brusca –es decir se verá a “saltos”– por lo que en ese caso es necesario verificar la programación, recursos utilizados, etc. de manera de poder aumentar la cantidad de fps.

Los resultados obtenidos demostraron que el tiempo de renderizado era bastante elevado (llegando incluso a extremos de renderización de 2 fps). Esto reveló además que el motor TTS influía de manera importante en los ciclos de renderizado, y por ende en el desempeño de la aplicación. Por un lado, fue necesario agregar un tiempo de espera para que el motor funcionara correctamente<sup>1</sup>, con la consecuente suma al tiempo de renderizado. Por otro, al analizar los fps en el escenario en que se utilizaba el TTS y las pistas de audio fue posible notar un importante incremento en los tiempos requeridos para completar un ciclo de renderizado. Esto indica que tanto el motor TTS como la reproducción de audio tienen un efecto substancial sobre los ciclos de renderizado.

Si bien la cantidad de fps que presenta el software está por debajo de lo aceptable en una aplicación de escritorio –comparado por ejemplo con juegos que utilizan más de 60 fps– para este desarrollo (en el cual la visualización no es un factor fundamental) los ciclos de renderización fueron aceptables, y permitieron que tanto las intervenciones del motor TTS, la reproducción de los sonidos y la captura de eventos funcionaran de manera adecuada.

### 6.3.3 Flujo de ejecución

El flujo de la ejecución del software (Figura 14), consiste en una adaptación del modelo propuesto por [15] para la creación de videojuegos. En cada ciclo, los gráficos son renderizados, además de realizarse los cálculos de movimiento, comportamientos, entradas del usuario, y similares.

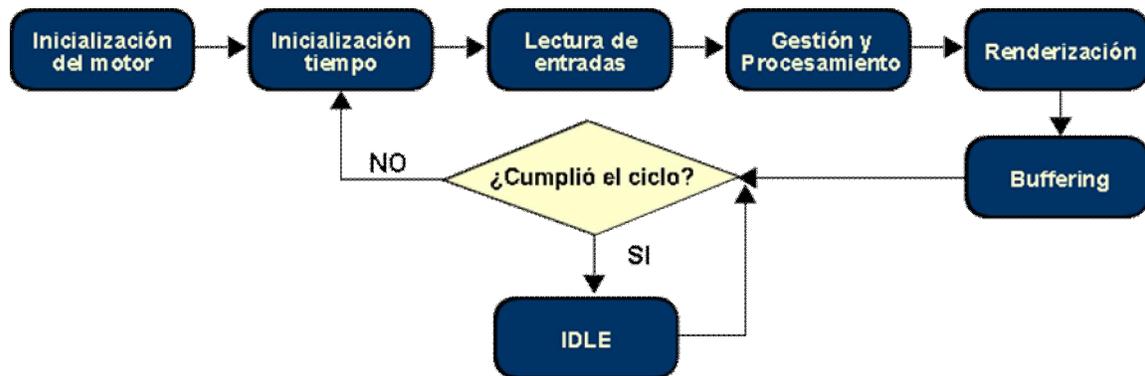


Figura 14. Modelo lógico del software, flujo de ejecución.

El primer paso es inicializar el motor, creando los objetos que controlan la ejecución del programa, la detección de eventos, las ventanas sobre las cuales se despliega, y las inicializaciones internas del software EMO. A continuación se inicializan los relojes que permiten medir cuánto tarda cada ciclo de renderizado, con el fin de no desaprovechar tiempo de procesador, tomando como referencia que no se dibujen más de 20 fps. En seguida se capturan los eventos –mensajes del sistema operativo, interacción con los botones y pantalla, entre otros– los que son gestionados y procesados (actualizando posiciones, terminando la ejecución, reproduciendo sonidos, y otros). Luego se comienza el renderizado,

<sup>1</sup> Más detalle sobre esto en el capítulo 8.1.5, Motor Text-to-Speech.

lo que finalmente es presentado en pantalla. Esto se repite durante toda la ejecución. Si se dibujaron los cuadros requeridos se comienza un ciclo de espera en donde sólo se capturan los eventos, con el fin de no utilizar en forma ociosa el procesador (es decir, creando más cuadros de los realmente necesarios).

## 6.4 Representación del Mundo

Existe una clara falta de estandarización de los modelos de datos y mapas para la representación de espacios interiores, lo que incluso se ha convertido en una barrera para la navegación de espacios cerrados [101]. Existe mucha investigación sobre realidades aumentadas y su aplicación en software de escritorio y de dispositivos móviles [3], [73], pero representar entornos reales sigue siendo un gran desafío [97]. En primer lugar, es necesario definir cuáles son los elementos del entorno que son relevantes en función del contexto en el que se esté trabajando. Es inverosímil e impráctico intentar representar y proveer de toda la información sobre todos elementos en el ambiente, por lo que es necesario escoger sabiamente qué elementos considerar. En segundo lugar, es necesario definir cómo será representado el ambiente, y con qué nivel de abstracción.

Para este trabajo se adoptó un modelo utilizado para la representación de entornos ficticios en un software interactivo para niños ciegos [73], el que fue adaptado para la representación de entornos reales, en particular de escuelas. Este modelo presenta muchas ventajas, tanto por su simplicidad –pero gran poder representativo– y porque puede ser relacionado fácilmente con estructuras de datos como nodos XML o clases de programación. Esto permite además evitar preocuparse por desarrollar algoritmos complejos a la hora de filtrar la información [37], pues los mayores esfuerzos se encuentran en la etapa del modelamiento. Para ilustrar como se adaptó el modelo de entornos ficticios (juego) a reales (navegación de interiores), se utilizarán ejemplos de ambos tipos de escenarios.

La primera capa de abstracción visualiza el mundo como una combinación de tres piezas principales: Entidades, Propiedades y Relaciones (Figura 15). Las *Entidades* son todos los elementos presentes en el entorno que pueden verse como piezas de información auto-contenidas y que no requieren necesariamente de una existencia física. La combinación de una o más entidades ensambla la representación del mundo. Ejemplos de entidades son las puertas, pasillos, techos, escaleras, y similares.

Las Entidades pueden ser utilizadas para representar *Relaciones*, que dan forma a las conexiones lógicas que se encuentran implícitamente embebidas en la representación del mundo. Por ejemplo, una situación usual en un juego es que el personaje principal, controlado por el usuario, intente entrar a una zona secreta. Pero para poder hacerlo, es necesario que tome una cierta llave para abrir una puerta secreta. Aplicando este modelo, se cuenta con una serie de entidades –la llave, la puerta y el personaje– relacionadas entre ellas en forma lógica (el personaje puede *tomar* la llave y *utilizarla en* la puerta). Las entidades además pueden tener un *estado*, que indica información contextual variable; una puerta puede estar abierta o cerrada, un interruptor de luz puede estar encendido o apagado, y así sucesivamente. Las entidades tienen diferentes propiedades y características. Cada una tiene

su propio tamaño, ubicación y geometría. Estas características son las denominadas *Propiedades*.

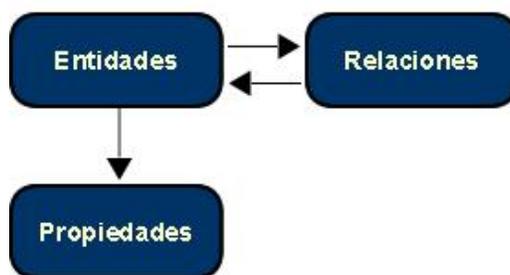


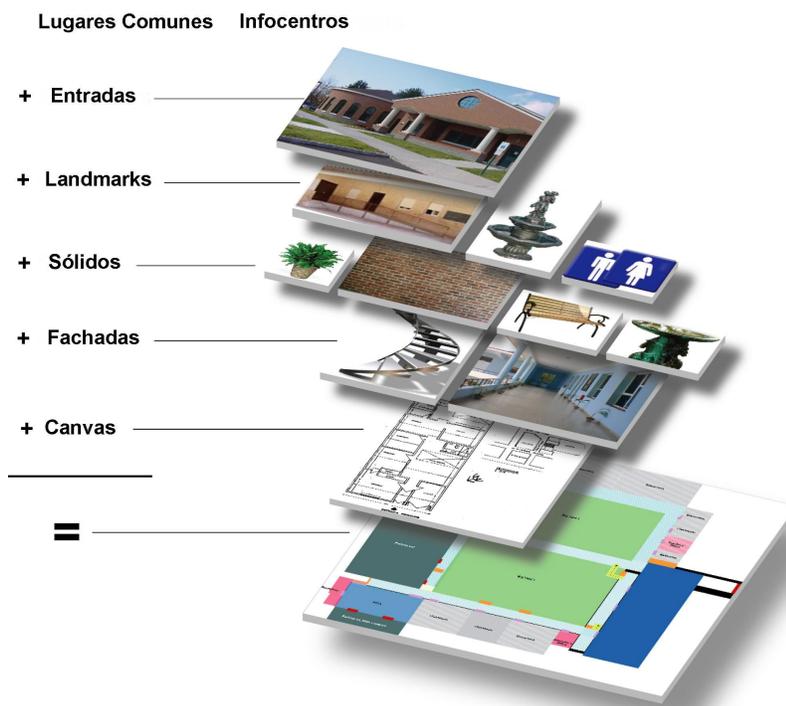
Figura 15. Primera abstracción del modelo.

Las *Propiedades* describen a una entidad en términos de su representación física (tamaño, ubicación), así como también en sus valores semánticos. Siguiendo la metáfora del juego anterior, la llave que el jugador encuentra podría poseer un nombre como “la llave secreta del castillo”. Esto significa que la entidad “llave” tiene como propiedad *nombre* el valor “castillo”. Respectivamente, la puerta que se abre con dicha llave también podría tener un valor de “la llave secreta del castillo” en su propiedad *se-abre-con*. De esta manera, es posible apreciar que las propiedades no solamente describen características físicas –o, como se está hablando de ambientes virtuales, sus características de *visualización*–, sino que además describen sus relaciones lógicas (cuál llave abre qué puerta, qué interruptor enciende la luz). Adicionalmente, como este modelo fue utilizado en un juego para niños ciegos, las entidades modeladas también poseen una propiedad *pista-de-audio*, que describe el efecto de sonido asociado a esa entidad. En resumen, se tienen *entidades*, descritas por sus *propiedades*, y enlazadas entre ellas por medio de las *relaciones*.

Para representar las escuelas se aprovechó además el hecho de que éstas poseen muchas características comunes. Por ejemplo, es posible decir que todas las escuelas tienen *pasillos*, que dan acceso a las *salas de clase* a través de *puertas*. También dan acceso a los *baños*, a las *oficinas administrativas*, etc. Si bien existen configuraciones más complejas, con mayores dimensiones, con mayor cantidad de elementos y lugares significativos, y que demandan que el estudiante se desplace por mayores distancias de manera más rápida, éstos no presentan ningún desafío nuevo en cuanto a conceptualización espacial [5]. Siguiendo esta idea –que todas las escuelas son parecidas, por lo menos en el tipo de entidades que pueden ser modeladas– se desarrolló un ambiente genérico para escuelas (Figura 16), y que fue utilizado para modelar tres escuelas ubicadas en Santiago de Chile. Este modelo es el que se describe a continuación.

La primera entidad que se puede encontrar en una escuela son los *Sectores*, que son áreas de gran dimensión, destinadas a propósitos bien definidos, y que agrupan a una serie de entidades. Algunos ejemplos son el sector de la entrada, el sector de las salas de clases (que pueden estar distribuidas en varios pisos) y el sector del patio. Una de las razones de modelar por sectores tiene que ver con objetivos de desempeño de la aplicación que utilice el modelo para crear ambientes virtuales, ya que es muy probable que no interese –o que no sea posible– tener cargado todo el entorno en el dispositivo que se utilice en la navegación.

De esta forma, los sectores proveen de un nivel de abstracción que permite representar sólo las piezas relevantes al contexto en que se encuentra actualmente el usuario. Los sectores son identificados por un *nombre* único, una *descripción*, un *canvas* y sus *elementos* (entidades). En un primer nivel de agrupación, los elementos presentes en los sectores son *Sólidos*, *Fachadas*, *Entradas*, *Landmarks*, *Lugares comunes* e *Info-centros*. Cada uno de estos elementos tiene sus correspondientes entidades (y por lo tanto, sus correspondientes propiedades y relaciones).



**Figura 16. Modelo utilizado para representar las escuelas.**

El *Canvas* corresponde a la imagen de fondo utilizada en una escena. Es el elemento de mayor profundidad según el eje z del rango gráfico de capas (es decir, hacia “dentro” de la pantalla), y su función es netamente una ayuda visual<sup>1</sup>. Las propiedades del *canvas* son una *imagen*, *posición*, *dimensión* y *apunta*<sup>2</sup>.

Las *Fachadas* son todos aquellos elementos con los cuales el usuario colisiona, pero que no limitan su navegación. Algunos ejemplos de fachadas son pasillos, puertas, escaleras y esquinas (cada tipo de fachada posee un sonido diferente). El objetivo principal de las fachadas es proveer de *feedback* cuando el usuario ingresa o choca con ellas. Por ejemplo, es importante para un software que asista la movilidad de los usuarios el informar cuando éstos

<sup>1</sup> Si bien este modelo está orientado para software con interfaces basadas en sonido, también considera interfaces visuales que permiten hacer más fácil la etapa de desarrollo, además de ser un apoyo para los facilitadores que supervisan las sesiones de interacción.

<sup>2</sup> Información utilizada para el cálculo dinámico de la posición cardinal, véase el capítulo 8.5.1.

ingresan a un pasillo, cuando han llegado a una esquina o cuando han alcanzado un punto de referencia. Al modelar las fachadas de esta manera es posible entregar este tipo de información. Al igual que los sólidos, las fachadas tienen propiedades de dimensión y posición. Cada fachada posee una propiedad de información adicional, así como un sonido particular de acuerdo al tipo de fachada (escalera, pasillo, esquina).

Los *Sólidos* son todos los elementos del ambiente virtual con los cuales el usuario puede tener colisiones, y son utilizados para delimitar la navegación en el contexto actual. Un ejemplo de un sólido son las paredes. Todos los sólidos tienen propiedades de posición e imagen, además de poseer la propiedad *info*, que contiene información adicional sobre el sólido (por ejemplo, si el sólido describe una pared, es posible contar con información sobre a qué edificación corresponde).

Los *Landmarks* son uno de los elementos principales en el contexto de un software para movilidad y orientación, ya que representan los puntos de referencia que los usuarios ciegos pueden utilizar para orientarse. En el mundo real, los landmarks son elementos que pueden ser localizados por su posición exacta (como puertas y escaleras), o por su posición aproximada (por ejemplo, a través del olor de la cafetería). Esta entidad posee propiedades de posición y dimensión, y debido a que pueden ser incorporada o excluida por los usuarios –no todas las personas utilizan los mismos puntos de referencia– esta entidad posee la propiedad *visible*, que indica si será desplegada para el usuario actual.

Las *Entradas* proveen de acceso desde y hacia otros sectores, y son utilizadas para saber cuándo cargar un nuevo sector para su navegación. Entre sus propiedades están la dimensión, posición, un nombre, información adicional y el sector hacia donde conducen.

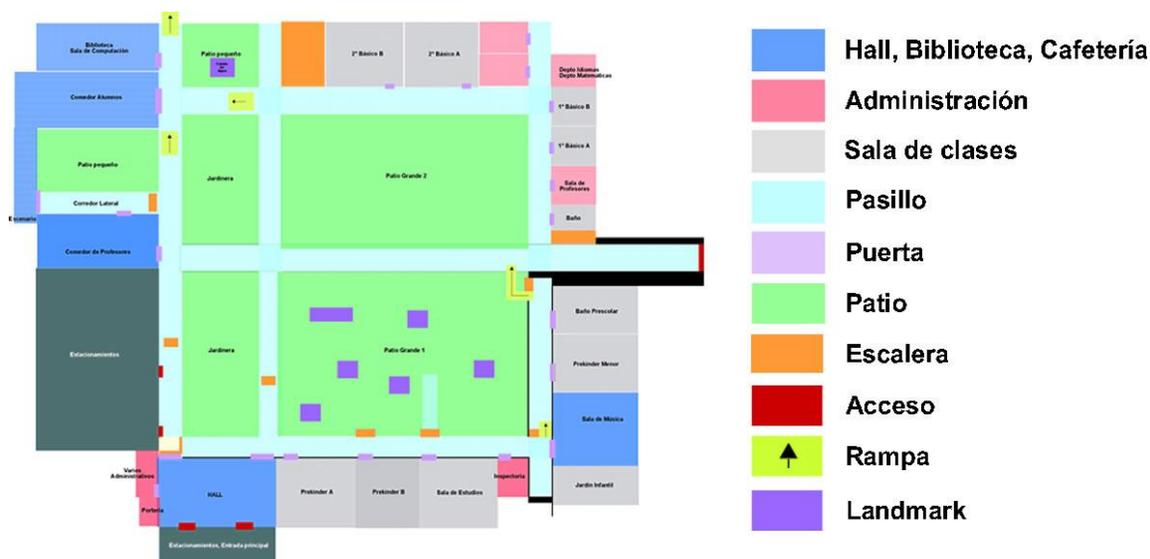


Figura 17. Ejemplo de representación de una de las escuelas (La Maisonnette).

Las últimas entidades modeladas son los *Lugares comunes* y los *Info-centros*, y están orientadas principalmente a objetivos de M&O. Los *Lugares comunes* son áreas del entorno en las cuales las personas se reúnen frecuentemente. Algunos ejemplos son la cafetería, el

gimnasio y la biblioteca. Los *Info-centros* son lugares en donde el usuario puede recibir una gran cantidad de información. La particularidad de esta entidad es que puede interrumpir temporalmente la metáfora del software. Este tipo de entidad puede ser utilizada para modelar lugares en el entorno donde el usuario puede interactuar con el ambiente para consultar información específica (por ejemplo, para saber las noticias de la escuela, el menú de la cafetería o lo que hay en un diario mural).

Al combinar estas entidades (y sus propiedades) se obtiene una completa representación de la escuela (Figura 17), que puede ser tan específica como se desee. La abstracción utilizada permite utilizar una simple composición de bloques, que representan las diferentes entidades a través de diferentes colores.

El realizar el mayor esfuerzo en la etapa del modelamiento y mapeo es muy ventajoso, pues permitió corregir incluso problemas de usabilidad a través del modelo<sup>1</sup>, y que en el futuro crear los entornos pueda ser realizado con software complementario.

## 6.5 Mapas de Navegación

Los mapas de navegación desarrollados corresponden a tres escuelas ubicadas en Santiago de Chile. La primera es el colegio “La Maisonnette”<sup>2</sup>. La representación (Figura 18) comprende el hall de entrada, el patio de enseñanza básica, algunas de las salas y oficinas ubicadas en el primer piso y el comedor.

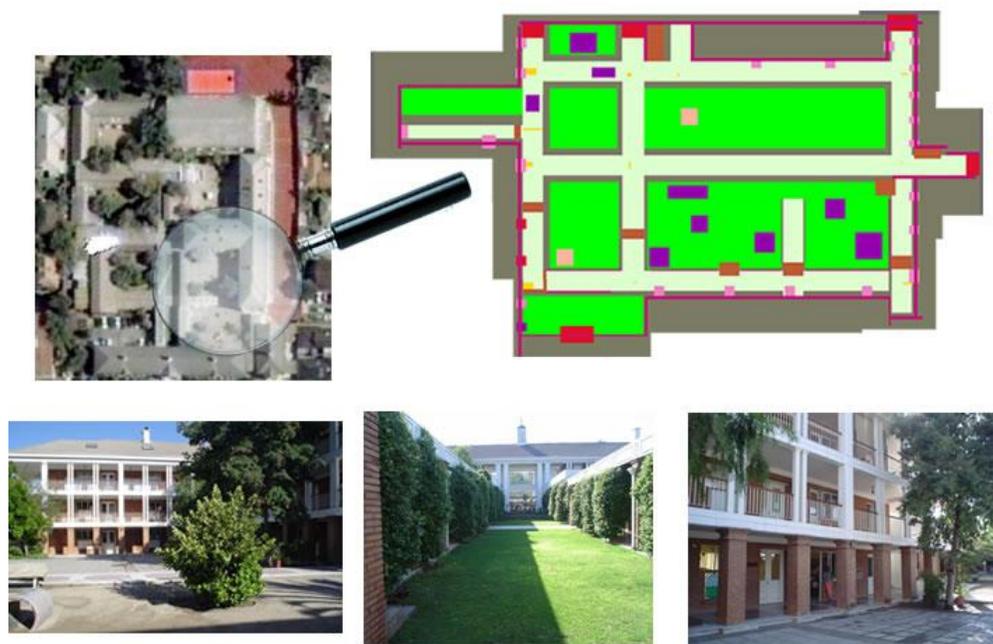


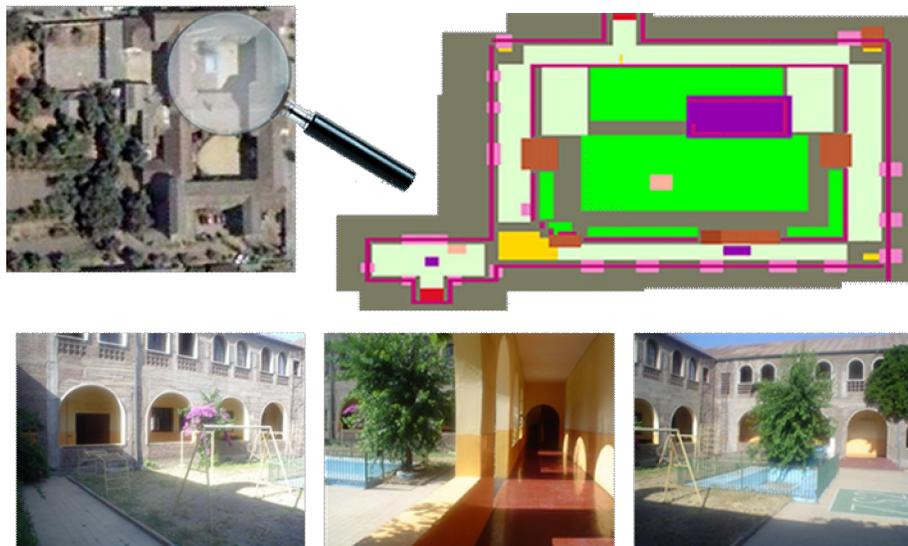
Figura 18.

Colegio “La Maisonnette”.

<sup>1</sup> Véase capítulo 9.3, Evaluaciones de Usabilidad.

<sup>2</sup> Ubicado en Luis Pasteur #6076, Vitacura, Santiago.

El segundo mapa modelado es la escuela para ciegos “Santa Lucía”<sup>1</sup>. La representación (Figura 19) comprende la capilla, el patio (donde se encuentra una piscina), algunas salas y las oficinas ubicadas en la entrada.



**Figura 19. La escuela “Santa Lucía”.**

El tercer mapa modelado corresponde al colegio “El Carmen Teresiano”<sup>2</sup>. La representación (Figura 20) comprende el patio de alumnos, las salas de clase, el casino, la zona de juegos, el kiosco y los baños, entre otros. Este es el entorno de mayor complejidad, tanto por su distribución como por su extensión.



**Figura 20. Colegio “El Carmen Teresiano”.**

<sup>1</sup> Ubicado en Salesianos #1190, San Miguel, Santiago.

<sup>2</sup> Ubicado en Luis Pasteur N° 6700, Vitacura, Santiago.

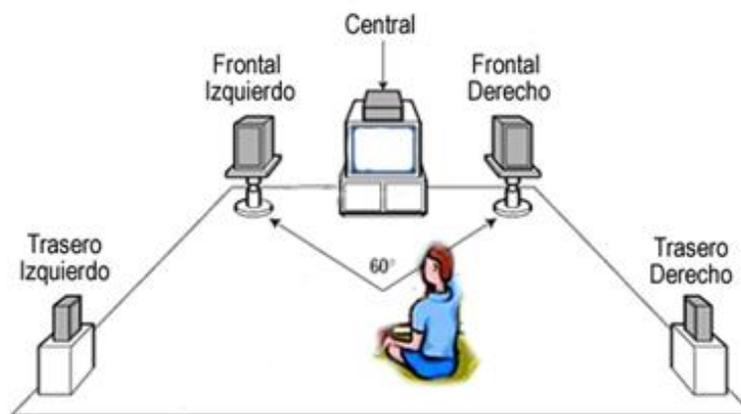
El proceso para crear las representaciones de los entornos fue relativamente sencillo. En primer lugar se visitaron los colegios involucrados para realizar un registro fotográfico del entorno, además de diagramar en papel la distribución del mismo, identificando las entidades y sus propiedades. Con esta información se realizó un modelo que posteriormente fue cargado en el dispositivo, por medio de una estructura XML. En el caso del colegio “La Maisonnette” además se contó con los planos arquitectónicos para facilitar el proceso. Luego de contar con una primera versión de cada entorno, se visitaron los lugares reales con el fin de verificar que todos los elementos trascendentes del entorno estuvieran representados en el software. A continuación, las estructuras con la representación de cada escuela pasaron a revisión por parte de dos educadoras diferenciales, con quienes se analizó el contenido de las representaciones (qué información se presentaba y cómo), además de definir los puntos de referencia e info-centros a utilizar. Esta revisión produjo las versiones finales para las estructuras XML, utilizadas posteriormente en las evaluaciones cognitivas.

## 6.6 Pistas de Sonidos

En las interfaces para personas ciegas o con baja visión es de extrema importancia que los sonidos escogidos sean representativos y claros. Es el elemento más relevante de la interfaz, por lo que se debe definir claramente cómo y cuándo utilizarlo, con mensajes claros y concretos, y que entreguen la información de una manera simple [18].

La información a través de sonidos se entregó de dos maneras diferentes, dependiendo del tipo de información que se deseaba presentar. Por un lado se utilizaron sonidos icónicos, o dicho de una manera coloquial, de *efectos de sonido*. Estos sonidos son asociados a las diferentes acciones que el usuario realiza (caminar, navegar por un menú, por ejemplo), además de entregar información de contexto (al pasar por una puerta, caminar por un pasillo, o chocar con una muralla, entre otros). Por otro lado era necesario contar con algún mecanismo para entregar información de manera verbal (para la descripción de un elemento, o la posición actual, por ejemplo). Para este fin se utilizó el motor TSS.

Para el caso de los sonidos icónicos, un problema concreto tiene que ver con qué tipo de sonido utilizar. Diversos estudios en interfaces basadas en audio para la representación de espacios virtuales en usuarios ciegos han utilizado sonido cuadrafónico para la creación de los modelos mentales por parte de los usuarios [74], [46], [73]. Esto no es aplicable a este proyecto porque para lograr una verdadera representación del sonido espacializado son necesarios al menos cuatro parlantes, ubicados alrededor del usuario, lo que le permite ubicar espacialmente los objetos virtuales. Para lograr dicho resultado es necesaria una configuración especial de los parlantes (Figura 21).



**Figura 21. Configuración de Sonido Cuadrafónico.**

Por esta razón no es aplicable el mismo enfoque para un sistema en el cual los usuarios se estarán desplazando, ya que a lo más se puede esperar que puedan utilizar un par de audífonos para recibir la información auditiva correspondiente.

Una forma de solucionar esto podría ser el utilizar funciones matemáticas que simulen la espacialización del sonido (afectando a la onda por medio de retrasos y ecos), y de ésta manera lograr el mismo efecto que se logra teniendo cuatro parlantes ubicados alrededor del usuario, pero a través de un par de audífonos, por ejemplo. El problema es que para dispositivos Pocket PC no se cuenta con las librerías para facilitar este tipo de trabajo (como DirectSound, por ejemplo), ni tampoco se cuenta con las librerías matemáticas lo suficientemente completas para poder realizar la operatoria necesaria sobre las ondas de sonido de manera sencilla. Otra solución posible consiste en simular el sonido espacial a través de la diferenciación de sonido y entrenamiento. Esto consiste en utilizar diferentes sonidos dependiendo de dónde se encontraría espacialmente la fuente, entrenando al usuario para discriminar la posición de la misma en base al tipo de sonido que emite (si es más grave proviene de adelante, si es más bajo de atrás, por ejemplo).

Por otro lado, al ser el sentido auditivo el principal que utilizan las personas ciegas, se debe tener cuidado de no interferir con las funciones normales de este sentido. El problema es que los audífonos actuales en general atenúan o distorsionan la información ambiental que es importante para los ciegos [48]. Por esta razón (y como se mencionó en el capítulo 6.3, Lineamientos) es necesario utilizar una interfaz de audio que disminuya en la menor medida posible la información sonora del ambiente. Esto no solamente significa transmitir sólo la información necesaria, sino además considerar si se utilizarán o no audífonos y de qué tipo.

En este trabajo se siguió la sugerencia de Kàpic [39] de utilizar sólo una fuente de sonido, es decir, a través de un sólo auricular (o a través de un parlante inserto en el dispositivo), sin espacialización ni diferenciación, sino que solamente a través de diferentes pistas de audio y el motor TTS.

## 6.7 Interfaces e Interacción

A continuación se presentan todas las interfaces desarrolladas para el software EMO, en conjunto con los modelos de interacción implementados. Se presentan las vistas de los menús utilizados, la vista principal de navegación y las funcionalidades desarrolladas.

### 6.7.1 Menú Principal

Este menú es el que se presenta al iniciar el software. Permite seleccionar un usuario del listado circular<sup>1</sup>, o seleccionar la opción de entrenamiento que da comienzo inmediatamente al tutorial. Al seleccionar un usuario existente, se presenta un segundo menú que permite seleccionar entre los diferentes modos de interacción que provee el software, también a través de una lista circular, y para ingresar al modo de navegación real o al de simulación, o si desea terminar la ejecución del programa (Figura 22).

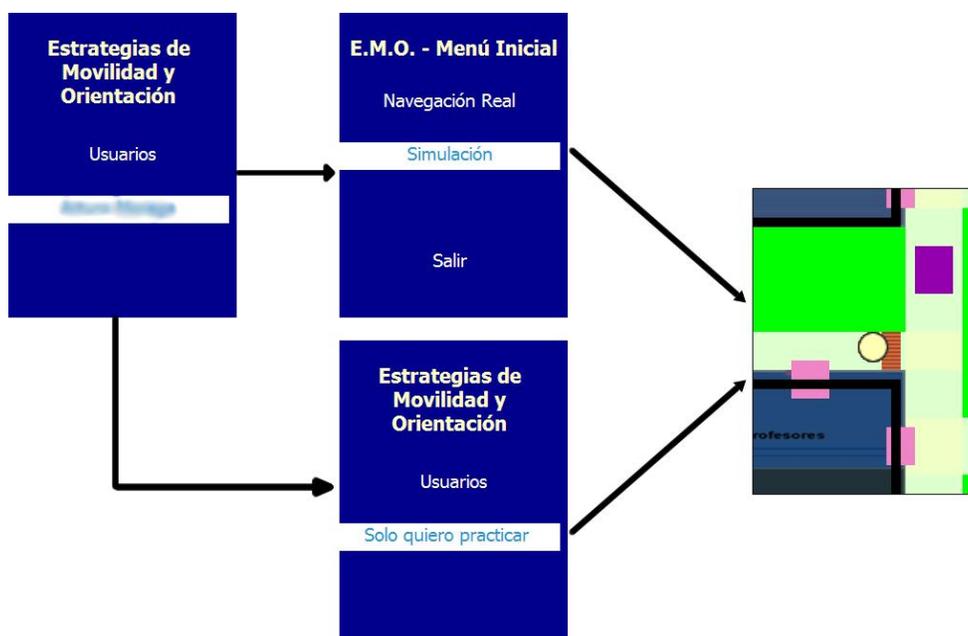


Figura 22. Interfaz del menú principal.

Cuando se presenta un menú se entrega información sobre la funcionalidad del mismo y de las opciones disponibles, información que puede ser repetida las veces que se deseen presionando el primer botón (de izquierda a derecha). Para recorrer las opciones de los menús se utiliza el joystick del dispositivo Pocket PC, presionando hacia arriba o hacia abajo para avanzar o retroceder en el listado. Para seleccionar la opción actual se utiliza el segundo botón, y para salir se presiona el cuarto botón, ubicado en el extremo a la derecha (Figura 23).

<sup>1</sup> Es decir, al llegar a la última opción del menú y presionar una vez más el botón para la siguiente opción se vuelve nuevamente a la primera opción del menú y viceversa.

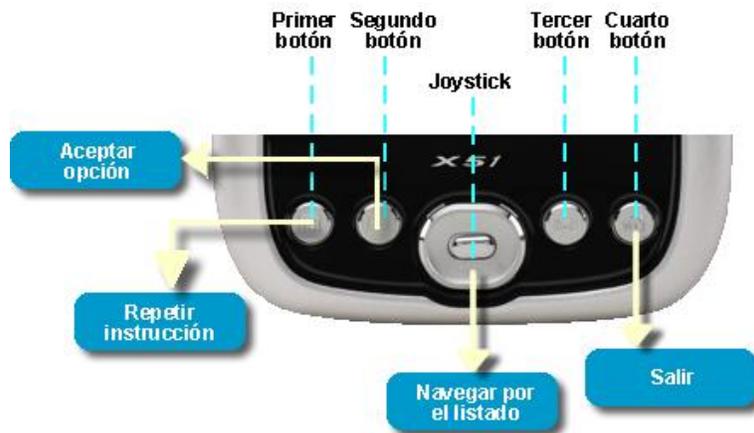


Figura 23. Navegación por los menús.

### 6.7.2 Navegación por el ambiente virtual

Cuando se da comienzo a una simulación, es posible realizar una serie de acciones (Tabla N° 7) que permiten recorrer el ambiente virtual y obtener información de los elementos presentes en él. Al iniciar la navegación se entrega información por medio del motor TSS sobre el sector en el cual se encuentra actualmente el usuario, y de los elementos cercanos al punto de partida.

Tabla N° 7. Funcionalidades de navegación.

Acción	Descripción	Interacción
<b>Navegación</b>	Permite desplazarse por el entorno.	Joystick
<b>SoundTracing (ST)</b>	Envía un "rayo" hacia la dirección del gesto, indicando los elementos que se encuentran en el camino del usuario, en la dirección indicada.	Pantalla
<b>Información actual</b>	Entrega información acerca del elemento sobre el cual se encuentra actualmente el usuario.	Primer botón
<b>Descripción General</b>	Entrega una descripción del entorno inmediato.	Segundo botón
<b>Menú Interno</b>	Permite ingresar al menú interior.	Tercer botón
<b>Salir</b>	Termina la ejecución del software	Cuarto Botón

La interacción durante la navegación se realiza mediante el joystick, la pantalla y los botones frontales del dispositivo Pocket PC (Figura 24). El usuario puede desplazarse por el ambiente virtual en cuatro direcciones (adelante, atrás, izquierda y derecha), utilizando el joystick. Mientras el usuario se encuentra navegando, diferentes pistas de sonido son reproducidas para entregar información. Cada movimiento genera la reproducción de un sonido característico, dependiendo del tipo de elemento sobre el cual se encuentre caminando (pasillo, escalera, patio, choque). El presionar un botón también se entrega *feedback* auditivo. La posición actual del usuario es representada por una mira circular en el centro de la pantalla.

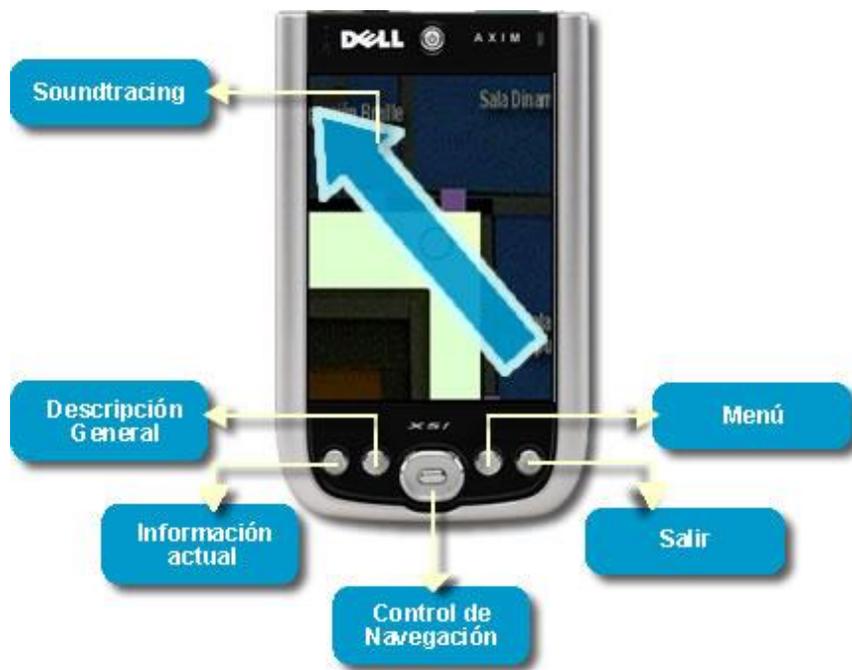


Figura 24. Interacción con el dispositivo durante la navegación.

Una de las acciones principales que puede realizar el usuario es el denominado **SoundTracing (ST)**. El SoundTracing sigue la metáfora de que el individuo emite un rayo que detecta todos los objetos que se encuentran en una cierta dirección, sin importar si hay objetos sólidos en el camino. Para generar un ST, el usuario debe realizar un gesto sobre la pantalla táctil del dispositivo Pocket PC, representando una línea en la dirección en la que se desea enviar el rayo (Figura 25). El gesto debe realizarse dos veces para accionar el ST, con el fin de evitar acciones involuntarias<sup>1</sup>.

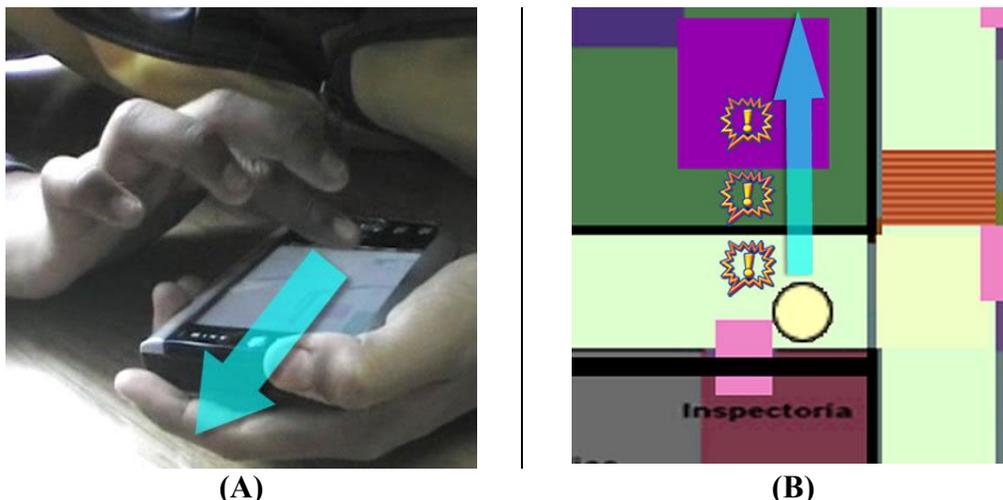


Figura 25. (A) Usuario realizando el gesto para accionar el SoundTracing, y (B) Elementos que detectaría un ST dirigido hacia delante.

<sup>1</sup> Más información sobre el diseño del gesto para accionar el ST y la usabilidad del mismo puede encontrarse en los capítulos 8.5.2, SoundTracing, en donde se describe la implementación de esta funcionalidad, y 9.3, Evaluación de Usabilidad.

El usuario es capaz además de pedir la información sobre el elemento en el que se encuentra actualmente, presionando el primer botón. Esta acción entrega el nombre del elemento y su descripción. También es posible pedir información de contexto, que entrega la zona actual, la posición cardinal, el nombre de todos los elementos que se encuentran en su entorno inmediato, y el elemento más cercano. Para obtener la descripción general, basta con utilizar el segundo botón. En ambos casos –información del elemento actual y descripción general– la información es presentada a través del motor TTS.

### 6.7.3 Menú Interno

Por medio del tercer botón, el usuario puede acceder al menú interior del software (Figura 26), por medio del cual puede acceder a la funcionalidad de administrar puntos de referencia, o terminar la navegación, lo que devuelve el flujo de la ejecución al menú principal.

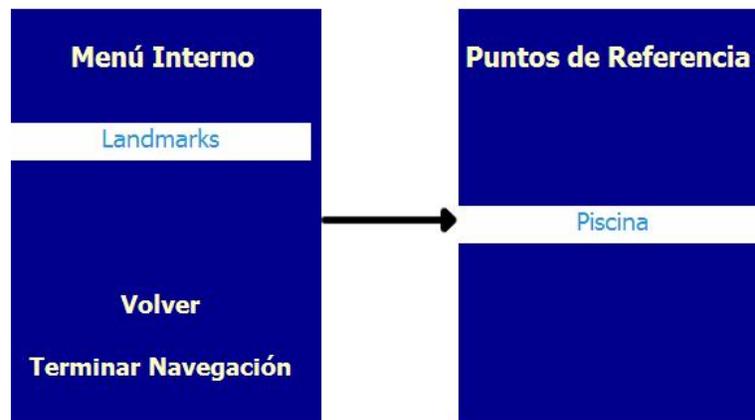


Figura 26. Interfaz del menú interior.

La interacción sobre el menú interior (Figura 27) es análoga al menú principal. En el sub-menú para administrar puntos de referencia es posible recorrer todos los puntos de referencia que existen tanto en el mapa del entorno, como los agregados por el usuario.



Figura 27. Interacción con el menú interior.

EMO cuenta con la opción de que los usuarios agreguen sus propios puntos de referencia. Esto permite cumplir con el lineamiento referido a la utilización de landmarks como una herramienta para desarrollar la ubicación espacial, considerando además proveer de algún grado de personalización, para reflejar el hecho de que en la vida real cada persona utiliza diferentes conjuntos y combinaciones de texturas, olores y sonidos para orientarse. Los usuarios son capaces de crear sus propios puntos de referencia, editarlos o eliminarlos.

Para crear un punto de referencia se utiliza el segundo botón, y se confirma presionándolo nuevamente, lo que agrega la posición actual al listado de puntos de referencia personales. El procedimiento para eliminar un punto de referencia es similar; utilizando el tercer botón se anuncia que el elemento actualmente seleccionado será borrado del listado de puntos de referencia, lo que se confirma presionando nuevamente el tercer botón. Solamente los puntos de referencia personales se pueden eliminar. Al igual que en el caso del menú principal, con el primer botón se repiten las indicaciones propias de este menú, y con el cuarto botón se vuelve al menú anterior.

La creación y personalización de puntos de referencia permite que cada niño pueda colaborar en la construcción de la representación del entorno, pues los puntos de referencia agregados por un usuario podrían ser propagados en forma posterior por el profesor, incorporándolos al mapa del entorno, si así lo estima conveniente.

#### 6.7.4 Matriz Problema-Solución

De acuerdo al análisis de la situación actual, a las entrevistas realizadas, y a la revisión bibliográfica fue posible construir una matriz con los principales problemas que fueron abordados a través del software. Luego de conocer las funcionalidades implementadas, es posible visitar esta matriz, esta vez verificando cómo cada implementación realizada enfrenta cada problema (Tabla N° 8).

**Tabla N° 8. Matriz problema-solución, con la funcionalidad que aborda cada problema.**

Problema - Oportunidad	Funcionalidad
Incapacidad de localizar elementos	Navegación, SoundTracing, Información Actual
Acceso a la información	Información Actual
Navegación ineficiente	Navegación
Mala representación y comprensión del entorno	Navegación
Baja utilización de puntos de referencia	Administración de Puntos de Referencia
Baja utilización de los puntos cardinales	Información Actual, Descripción General
Falta de estrategias de navegación	Navegación, SoundTracing
Desconocimiento del entorno familiar	Navegación, SoundTracing, Información Actual
Incapacidad de monitorear el movimiento	Navegación, Información Actual
Incapacidad de planificar rutas	Navegación, SoundTracing, Descripción General

Es importante aclarar en este punto dos aspectos. En primer lugar, muchos de los problemas son abordados por la utilización del software EMO como un todo, aunque es posible realizar un desglose e indicar los problemas específicos que son abordados por funcionalidades específicas. En segundo lugar, no se pretende transmitir de ninguna manera que por el solo hecho de que un usuario utilice, por ejemplo, la funcionalidad de administración de puntos de referencia, entonces éste de inmediato aprenda a utilizar landmarks en entornos reales. La matriz fue construida con propósitos ilustrativos, pues para

lograr un verdadero impacto en el aprendizaje de los niños con discapacidad visual fue necesario desarrollar actividades en conjunto con el material concreto, las que son presentadas en detalle en el capítulo X, Evaluación de Impacto Cognitivo.

# VII

# IMPLEMENTACIÓN

# Implementación

## 7.1 Tecnologías Utilizadas

### 7.1.1 Dispositivos Pocket PC

El software EMO fue implementado para ser ejecutado en un dispositivo Pocket PC Axim X51 (Figura 28), de la empresa Dell. Este dispositivo es una avanzada PDA que ofrece rendimiento, conectividad y una pantalla VGA a un precio razonable (unos \$220.000 pesos chilenos).



Figura 28. Pocket PC utilizada, Dell Axim X51.

De acuerdo a los proveedores<sup>1</sup>, la Axim X51 está diseñada para la producción, conectividad y entretenimiento móvil. Permite ejecutar aplicaciones de negocio, navegar por Internet, disfrutar de contenido multimedia, y de un alto desempeño, mientras se mantiene una conveniente movilidad. La pantalla de este dispositivo proporciona imágenes claras y brillantes, y posee un acelerador de gráficos que permite la reproducción con calidad estilo DVD. Este modelo permite trabajar con documentos, ver películas, jugar videojuegos 3D, y escuchar música. Las características técnicas del dispositivo utilizado se presentan en la Tabla N° 9.

<sup>1</sup> [www.dell.com](http://www.dell.com)

**Tabla N° 9. Características técnicas del dispositivo Dell Axim X51.**

Procesador Intel® XScale™ PXA270 a 520 MHz.
Sistema operativo Microsoft® Windows Mobile™ 5.0
Windows Media Player 10 Mobile
Pantalla TFT a color de 3,5 pulgadas (Resolución 240 x 320 píxeles)
Tecnologías inalámbricas 802.11b y Bluetooth 1.2 integradas
SDRAM de 64 MB y memoria Flash de 128 MB. (RAM y ROM)
Peso (con batería) de 167 g.
Tamaño 119 x 73 x 16,9 mm (alto x ancho x grosor)
Ranuras para tarjetas integradas CompactFlash tipo II y Secure Digital / SDIO Now!
Conector para auriculares
Micrófono y altavoz incorporados para grabar en cualquier lugar.

La elección de este dispositivo fue consecuencia del análisis realizado al contrastar los requerimientos mínimos<sup>1</sup> que debía poseer el dispositivo a considerar con las características de los dispositivos móviles considerados<sup>2</sup>. Además de las apropiadas características técnicas (capacidad multimedia, procesamiento conectividad y almacenamiento, entre otras), es necesario considerar el hecho de que las PDAs (familia a la que pertenecen los dispositivos Pocket PC) tienen una serie de otras ventajas que fueron consideradas al momento de la elección del dispositivo.

De acuerdo a los lineamientos seguidos, el costo de una solución de esta naturaleza debe ser bajo –considerando dispositivos e infraestructura– y debe implicar la menor cantidad de cambios y disrupción del entorno actual, de manera de hacerlo replicable en cualquier lugar. Una manera de lograr esto es utilizando dispositivos que están siendo actualmente utilizados para otros fines, en vez de construir nuevos desde cero. Un ejemplo de esto es utilizar PDAs, que están siendo utilizadas en la actualidad en muchas escuelas para propósitos educativos [80], pues el patio ha comenzado a ser utilizado como un nuevo lugar de aprendizaje, que les permite a los educadores, entre otras cosas, a romper la rutina, incentivando a los alumnos a participar. De esta manera, las PDAs pueden ser utilizadas no sólo para movilidad y orientación, sino que también pueden ser utilizadas para un aprendizaje didáctico, lúdico y constructivista. En este contexto, los dispositivos pueden ser utilizados para que los estudiantes compartan un problema de forma colaborativa, puedan buscar el significado de conceptos que no conozcan, puedan acceder a recursos específicos, participar de foros, resolver pruebas individuales, entre otros [13].

Es posible además utilizar simulaciones con ambientes virtuales para que los estudiantes puedan navegar y explorar dominios que representen espacios físicos (como un sitio arqueológico o el museo de Louvre, por ejemplo). Las PDAs pueden ser utilizadas para que los alumnos interactúen con sus pares y con información alrededor del mundo, lo que extiende significativamente el ambiente de aprendizaje. El material generado puede ser supervisado por el profesor, y compartido con otros estudiantes tanto local como globalmente. Esta colaboración virtual extiende las capacidades de aprendizaje y además libera al instructor de ser siempre el centro de las actividades [13]. Esto se puede extender al caso de actividades de M&O, las que pueden ser desarrolladas por los niños ciegos en compañía de sus pares, ya sean presenciales o virtuales (por ejemplo con niños ciegos de

<sup>1</sup> Véase capítulo 6.3.10, Lineamientos – Acerca de los dispositivos e infraestructura.

<sup>2</sup> Véase capítulo 5.2.6, Dispositivos Móviles.

otra escuela o país). Por estas razones es de esperar que la barrera de entrada de este tipo de dispositivos por parte de los escolares sea relativamente baja en el corto plazo.

En el contexto de un sistema diseñado para personas con discapacidad visual, la literatura apoya la utilización de éste tipo de dispositivos; en una entrevista realizada por Golledge et al. [26] sobre las preferencias de individuos ciegos a la hora de utilizar un ETA, éstos plantearon como su opción preferida un dispositivo *handheld* que utilice voz y audio para identificar los objetos. Otros estudios [75], [71] han demostrado que los niños ciegos son en efecto capaces de interactuar con software para dispositivos Pocket PC con interfaces basadas en sonido para desarrollar diferentes actividades.

En resumen, los dispositivos Pocket PC considerados poseen las capacidades de batería y procesamiento requeridas, tienen características multimedia, son portables y son relativamente baratos (en comparación con alternativas como laptops o dispositivos hechos a medida), y pueden ser utilizados por usuarios con discapacidad visual a través de software con interfaces basadas en sonido.

### 7.1.2 .NET Framework

La plataforma .NET de Microsoft es un ambiente para construir aplicaciones con tecnologías Web, móviles y basadas en Windows (utilitarios, juegos). Está compuesto por una serie de tecnologías, servicios y herramientas. La plataforma .NET ha sido calificada como la actualización más importante en plataformas de desarrollo desde el lanzamiento de la API Win32, en el año 1993 [22]. La versión utilizada en este desarrollo es la 2.0, liberada en el año 2005.

El framework .NET permite utilizar diferentes lenguajes de programación. En este proyecto se utilizó C# (C-Sharp), un lenguaje de programación orientado a objetos, evolución del lenguaje C y C++, que toma muchos conceptos de Java, y que fue desarrollado por Microsoft. Este lenguaje –en conjunto con la plataforma– permiten un proceso de desarrollo más productivo que sus símiles, debido a que el desarrollador no tiene que lidiar directamente con los errores comunes de programación, ni tareas de *garbage collection*, entre otros.

### 7.1.3 DirectX

DirectX es una API multimedia que permite acceder de manera más directa a las capacidades gráficas y de audio de un computador con sistema operativo Windows. Con DirectX es posible abstraerse del hardware específico, y permite desarrollar aplicaciones multimedia de manera más sencilla y eficiente. Contiene un conjunto de interfaces para crear software de alto desempeño, soporta gráficos en dos y tres dimensiones, dispositivos de entrada, efectos de sonido, música, y aplicaciones en red.

El kit de desarrollo de DirectX es distribuido gratuitamente por Microsoft. La última versión liberada en el transcurso de este desarrollo correspondió a la 9.0. Para este desarrollo fue utilizado el kit de desarrollo de software (SDK) compacto para dispositivos móviles –en

particular para Pocket PC bajo ambiente Windows Mobile<sup>1</sup> 5.0 – una versión más limitada del kit de desarrollo de aplicaciones para computadores de escritorio. El SDK de Pocket PC contiene además un emulador que permite ejecutar los programas directamente en un PC, a través de la emulación del dispositivo.

Dentro de la API DirectX se encuentra además Direct3D Mobile, que provee la manipulación de gráficos tridimensionales acelerada por hardware, de manera independiente del dispositivo.

#### 7.1.4 Manejo de Sonidos

##### Librerías disponibles

El lenguaje C# provee algunas maneras de manejar el sonido de forma nativa. Una de ellas es la función `PlaySound`, que si bien es relativamente sencilla de utilizar, no provee de un control de gran nivel. No permite mezclar sonidos, y siempre detiene el sonido actual antes de comenzar el siguiente, ni siquiera utilizando sonidos con *loop*.

Para el caso de una interfaz basada en sonido como la tratada en esta investigación, es esencial contar con un mayor control sobre los sonidos. Es necesario poder mezclarlos libremente, contar con sonidos que hagan ciclos automáticamente y utilizando una API definida para esto, en la cual todos los detalles complejos sean encapsulados por esta interfaz de programación.

Cuando se trata de aplicaciones de escritorio para sistemas operativos Windows, una posible –y muchas veces efectiva– solución es utilizar la familia de APIs de DirectX, descrita anteriormente. Una de las APIs de la familia de DirectX es Directsound, que es una librería para la grabación y reproducción de sonidos a muy baja latencia, que permite la mezcla de sonidos, la utilización de sonidos 3D y la aplicación de diferentes efectos sobre la onda de sonido (ecos, reverberación, y otros). Desafortunadamente, Directsound no está disponible para la plataforma compacta (Compact Framework), por lo que otro enfoque fue necesario.

##### La API WaveOut

En este desarrollo se utilizó la API *WaveOut*, que proporciona un gran control sobre la entrada y salida de los dispositivos de audio de un Pocket PC. Esta API permite reproducir datos en formato de onda<sup>2</sup>, y está disponible para todas las versiones del sistema operativo Windows, incluyendo Windows CE<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Windows Mobile es un subconjunto de plataformas basadas en tecnología Windows CE.

<sup>2</sup> Es decir, archivos de extensión WAV.

<sup>3</sup> Sobre el nombre "Windows CE," Microsoft ha planteado que las letras "CE" no son abreviación de nada, sino que son una agrupación de conceptos atribuibles a Windows CE, tales como "Compacto", "Conectable", "Compatible", "Compañero" y "Eficiente" (<http://support.microsoft.com>).

El conjunto de funciones utilizadas para reproducir un flujo de audio son: `waveOutOpen`, `waveOutClose`, `waveOutPrepareHeader`, `waveOutWrite`, `waveOutReset`, y `waveOutUnprepareHeader`.

`WaveOut` posee un flujo sencillo y eficiente. Para reproducir un sonido, primero se abre un dispositivo de sonido con `waveOutOpen`, luego se construyen y preparan búferes, los que son llenados con datos de sonido usando el método `waveOutWrite`, que además comienza la reproducción. Una vez que la reproducción finaliza, una llamada a `waveOutReset` conduce al dispositivo a liberar cualquier búfer que esté aún reproduciendo algún sonido, y a través de `waveOutUnprepareHeader` libera cualquier recurso asociado con el búfer. Finalmente, la aplicación libera el búfer y por medio de `waveOutClose` libera al dispositivo de sonido<sup>1</sup>.

Para reproducir un sonido, se implementó un método encapsulador, que detiene al motor TTS (que podría estar reproduciendo alguna información), donde `sonido` es un objeto de tipo `WaveOut`, y reproduce un sonido a través del método `Play()`, que recibe el nombre del archivo de sonido, el tamaño del buffer a utilizar y el volumen a utilizar en los canales izquierdo y derecho.

```
public void playSonido(string nombre_archivo)
{
    TTS.TTS_StopSpeaking();
    sonido.Done();
    sonido.Play(nombre_archivo + ".wav", 1024 * 512, 65535, 65535);
}
```

## Sonidos Utilizados

Para fines de asignar *feedback* auditivo a las acciones realizadas por el usuario, 16 pistas de sonido fueron utilizadas en total. Las pistas de audio corresponden a archivos WAV, con una codificación Windows PCM, un formato sin compresión que fue utilizado para asegurar la compatibilidad de formatos con el sistema operativo Windows Mobile. El tamaño total del conjunto de archivos utilizados es de 800 KB.

### 7.1.5 Motor Text-to-Speech

Fue mencionado dentro de los lineamientos la importancia de poder contar con sonido verbalizado para entregar información. Para esto, la solución utilizada consiste en un motor Text-to-Speech, que permite reproducir artificialmente el habla humana. Un motor TTS convierte el texto escrito en verbalizaciones, y han sido desarrollados desde principios de los años ochenta, logrando en la actualidad una reproducción con una alta similitud a la voz humana, en distintos lenguajes —entre ellos el español.

El motor TTS utilizado en este desarrollo fue Acapela<sup>2</sup>. Este motor tiene una gran similitud con la voz humana, está disponible para diferentes idiomas (23 en total), entre ellos

---

<sup>1</sup> Extraído de <http://www.microsoft.com/belux/msdn/nl/community/columns/munoz/cfrhythm.msp>

<sup>2</sup> [www.acapela-group.com](http://www.acapela-group.com)

el español. Permite escoger además entre voces masculinas y femeninas, entre distintas velocidades de voz y distintos formatos de calidad. Este motor es muy sencillo de utilizar, pues una vez que el *runtime*<sup>1</sup> ha sido configurado en el dispositivo Pocket PC, basta con incorporar la librería (un archivo con extensión .dll) y su interfaz –en C#– al proyecto en .NET, permitiendo trabajar con el motor directamente.

La encapsulación de la librería permite utilizar el motor de manera muy sencilla para reproducir cualquier variable de texto (*string*). Primero, es necesario inicializar el motor mediante la función `TTS.Startup()`; a través del controlador que se haya definido. Con esta simple instrucción, el motor ya está en condiciones de ser utilizado para reproducir cualquier texto, a través de la función `TTS.Speak()`. Para detener un texto que está siendo reproducido se utiliza la función `TTS.StopSpeaking()`. Finalmente, cuando ya no se desea continuar utilizando el motor, basta con utilizar la función `TTS.Shutdown()`.

```
TTS.TTS_Startup();
TTS.TTS_Speak("Comenzar la navegación real");
TTS.TTS_StopSpeaking();
TTS.TTS_Speak("Estás en : " + tmp + " . " + desc_gral["elto_actual"]);
TTS.TTS_Shutdown();
```

Para poder utilizar el motor, es necesario el SDK para el desarrollo (que en este trabajo correspondió a la versión Acapela Mobility HQ V 7.2 SDK), y del runtime para instalar en el dispositivo Pocket PC, ambos provistos en forma pagada por Acapela.

El motor Acapela es uno de los pocos motores TTS disponibles para Pocket PC que permite una integración directa con proyectos desarrollados en C#, además de permitir modificar una serie de configuraciones (velocidad de las voces, tonos, volumen, etc.), y con una interfaz de programación sencilla de utilizar.

Si bien existen alternativas libres, Acapela fue la opción más viable al considerar las variables de costo, ejecución en dispositivos Pocket PC, utilización de recursos, facilidad de incorporación a un proyecto desarrollado en C#, fluidez de la reproducción de voz y que se encuentre disponible en el idioma español.

## 7.1.6 Software adicional utilizado

### Edición y creación de sonidos

#### *Cool Edit Pro 2.00*

Cool Edit Pro es un grabador, editor y mezclador de audio digital desarrollado por la compañía Syntrillium Software. Permite mezclar hasta 64 pistas usando cualquier tarjeta de sonido. También permite que grabar, reproducir, editar y convertir a distintos formatos de

---

<sup>1</sup> Por "*runtime*" se está haciendo referencia a la "*runtime library*", una librería básica de código escrita en un lenguaje particular, y que es utilizada por otro programa durante su ejecución.

audio archivos hasta de 2GB en tamaño. Tiene soporte para 25 formatos y efectos de sonido como reversa, retrasos, ecos, ecualizadores, coros, distorsiones, entre otros. En la actualidad, Cool Edit Pro fue relanzado como Adobe Audition, cuando Syntrillium Software fue adquirida por Adobe Systems Incorporated. Este software fue utilizado para la creación y edición de las pistas auditivas utilizadas en el software.

## Edición y creación de imágenes

### *Fireworks MX 2004 v7.0*

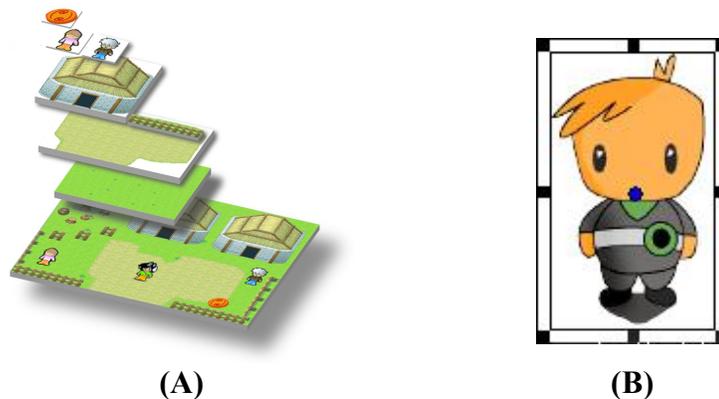
Fireworks es un software desarrollado por Macromedia para la creación y edición de imágenes, de un modo sencillo y rápido. Permite trabajar con imágenes basadas en vectores y en mapa de bits, con una amplia librería para agregar diferentes efectos visuales. Permite crear y convertir imágenes a diferentes formatos, y fue utilizado para el tratamiento de las imágenes del software EMO.

## 7.2 Componentes

Antes de detallar el modelo y la lógica es necesario definir algunos conceptos que se utilizan comúnmente en el contexto de desarrollo de videojuegos, de manera de utilizar una terminología común sobre los elementos presentes en el desarrollo.

### 7.2.1 Sprites

Un **Sprite** simboliza a las componentes utilizadas para representar las distintas entidades que se presentan en el software. Los sprites son pequeños gráficos que pueden ser desplazados de manera independiente alrededor de la escena, produciendo el efecto de animación. Un sprite se puede considerar como un mapa de bits que es renderizado en la pantalla. Normalmente son pequeños y parcialmente transparentes, para representar formas alternativas a la del rectángulo que enmarca una imagen. Los sprites son utilizados comúnmente para representar los distintos elementos presentes en un videojuego, tales como personajes, armas, casas, etc. (Figura 29-A). En general, los sprites se definen a través de un recuadro (Figura 29-B), que define el tamaño, la posición, y ubicación del centro del sprite.



(A) (B)  
Figura 29. (A) Creación de una escena en un videojuego utilizando sprites, y (B) cuadro que enmarca a un sprite.

En el software EMO se utilizaron sprites no solamente para representar las imágenes, sino que fueron utilizados como estructuras de datos para almacenar información necesaria de controlar durante la ejecución (posición del sprite, qué tipo de entidad representa, textura que utiliza, etc.).

Si bien DirectX contiene una clase “Sprite”<sup>1</sup>, durante la implementación fue necesario construir una clase propia para la construcción y el manejo de sprites (`mySprite`), porque la clase nativa de DirectX para el framework compacto—contrario a lo que podría esperarse— no posee en la actualidad métodos propios para el manejo de colisiones, ni para trabajar sobre el marco que define a un sprite. Fue necesario además construir una clase nueva porque la clase `Sprite` nativa es sellada, por lo que no permite heredar directamente de ella.

Cada sprite de DirectX instanciado consume recursos, por lo que el enfoque utilizado fue usar un mismo sprite (como si la clase `Sprite` siguiera un patrón Singleton), el que es utilizado por las instancias de `MySprite` para el renderizado. De esta manera se evitó el problema de un consumo excesivo de memoria que ocurría al crear múltiples instancias de la clase `Sprite` de DirectX, pues se utiliza un número limitado de este tipo de objetos, los que se pasan como parámetros para los múltiples (y podría decirse “ilimitados”<sup>2</sup>) objetos `mySprite`.

Los métodos definidos para la clase `MySprite` —además de los constructores— fueron `dibuja()`; que renderiza el sprite a través de un objeto de DirectX, y `colisiona()`; que indica si el sprite colisiona con el objeto `mySprite` que se pasa como parámetro. Todos los sprites son creados en forma dinámica (es decir, durante la ejecución).

```
public class mySprite
{
    private Vector3 posicion; //lugar donde se dibujara
    private System.Drawing.Rectangle rectangulo; //lo que enmarca al sprite
    ...
}

//Constructor
public mySprite(Texture latextura, System.Drawing.Rectangle elrectangulo,
Vector3 laposicion, System.Drawing.Color elcolor, string nombreopcional,
string lainfo)
{
    ...
}

public void dibuja(Sprite elSprite){...}
public bool colisiona(mySprite s, float camaraX, float camaraY){...}
```

<sup>1</sup> Disponible en el paquete (namespace) `Microsoft.WindowsMobile.DirectX.Direct3D`.

<sup>2</sup> Se realizaron algunos experimentos informales sobre el desempeño de la aplicación al crear distintas cantidades de objetos `mySprite` y presentarlos en pantalla desplazándose simultáneamente. Con 100 objetos `mySprites` simultáneos no se percibió un descenso en el desempeño, con 1000 el desempeño se vio afectado de manera despreciable, casi imperceptible. Cuando se alcanzó un número del orden de los 10.000 el desempeño se vio afectado en forma notoria, pero la ejecución continuó, lo que no ocurrió al utilizar por ejemplo, las clases gráficas nativas de C# para el tratamiento de imágenes, que interrumpió la ejecución del programa antes de superar el orden de la centena.

## 7.2.2 Visualización del mundo

El *mundo* es el ambiente virtual en donde la simulación toma lugar. Puede imaginarse como un rectángulo donde todos los demás elementos son ubicados, a través de los sprites. Utilizar un mundo es necesario porque todos los objetos deben estar definidos dentro de una cierta área, para poder aplicar las transformaciones matemáticas sobre los objetos y cámaras que son utilizadas durante la simulación.

Como en general no es posible visualizar el mundo en su totalidad, sino sólo una sección de éste, se le llama *ventana* a una coordenada rectangular utilizada en la visualización. La ventana define qué será visto, mientras que el *viewport* define dónde será visto. El viewport es un área rectangular dentro de la ventana de visualización del usuario – monitor, pantalla del Pocket PC, o del teléfono celular, por ejemplo. Por omisión, el tamaño corresponde a la ventana completa, aunque también puede ser configurado a tamaños menores [15].

El sistema de coordenadas utilizado tiene su origen en la esquina superior izquierda del viewport, y avanza en su coordenada x hacia la derecha, mientras en el eje z se define en forma vertical (Figura 30).

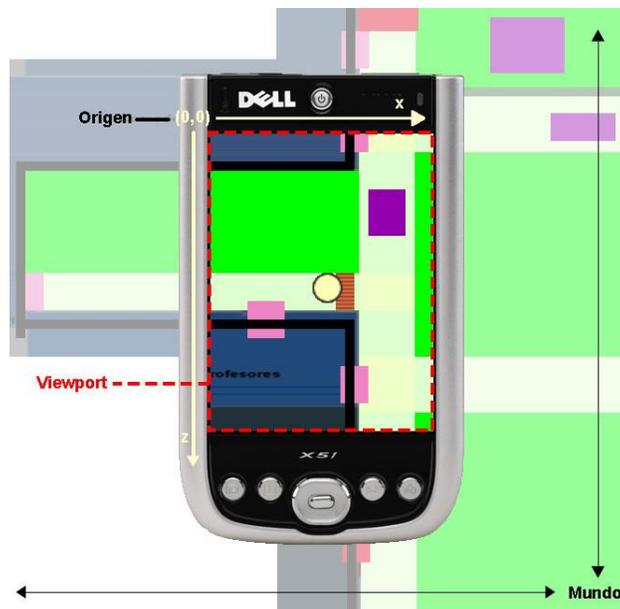


Figura 30. Sistema de coordenadas y visualización.

## 7.3 Clases, librerías y funciones

### 7.3.1 Clases creadas

Todos los objetos de las clases principales (Figura 31) y de las clases secundarias (Figura 32) son creados y administrados a través de la clase MOSS, que es la que se está constantemente ejecutando. De esta manera, es posible considerar que la clase MOSS actúa

implícitamente bajo el patrón de *Command*, ya que utiliza los objetos de las otras clases para acceder a sus métodos.



Figura 31. Modelo de las clases principales utilizadas.

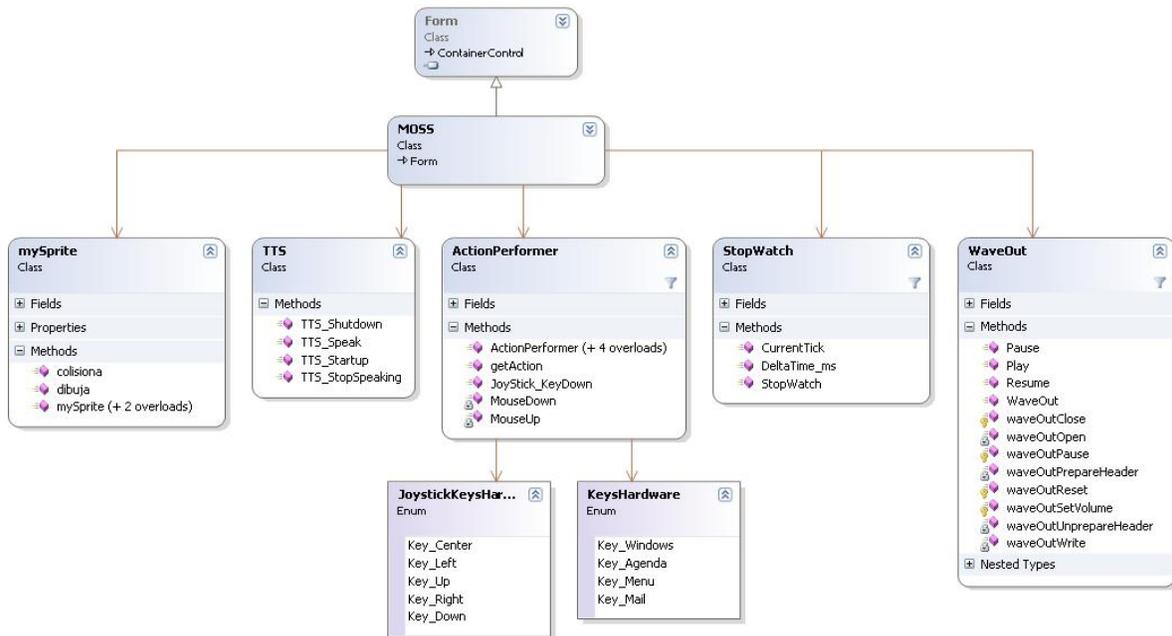
Por clases primarias se considera a todas aquellas que modifican la interacción y la metáfora del software de manera significativa. En el caso del software EMO, se pueden utilizar dos metáforas principales; la de menú y la de navegación. Las clases de menús son el menú de usuarios, *MenuUsuarios*, con el que inicia el software, el menú que se presenta al usuario luego de escoger su nombre del listado, *MenuInicial*, y que permite escoger la funcionalidad primaria (navegación en tiempo real o simulación), el menú interno al que se accede durante la navegación, *MenuInterno*, y finalmente el menú que permite administrar los puntos de referencia, *MenuLandmarks*. La clase *MOSS*, al igual que todos estos menús derivan de la clase padre que se utiliza para crear formularios<sup>1</sup>.

Las únicas clases que utilizan el concepto de herencia son las que corresponden a los distintos menús, ya que el resto de las clases definidas son conceptualmente completamente distintas entre sí, por lo que las relaciones existentes entre las clases son sólo relaciones de uso.

Las clases secundarias son todas aquellas que son utilizadas por la clase *MOSS* durante la ejecución. Aunque son piezas clave dentro del software, se denominaron secundarias porque, a diferencia de las primarias, no afectan directamente la metáfora. Las clases secundarias comprenden a la clase *mySprite*, que es utilizada para crear todos los elementos

<sup>1</sup> En el paradigma de programación basado en ventanas, un formulario es simplemente una nueva ventana sobre la cual se pueden dibujar distintos elementos y componentes (entre ellos los que tradicionalmente conforman un *formulario de datos*; campos de texto, botones, etc.).

que serán renderizados en el mundo, la clase `TTS`, que contiene la interfaz del motor Text-to-Speech utilizado, la clase `ActionPerformer`, que controla la acción sobre joystick y botones (y que a su vez utiliza dos estructuras propias), la clase `StopWatch` que se utiliza para calcular los ciclos de reloj del dispositivo, y la clase `WaveOut`, para el manejo de sonido.



**Figura 32. Utilización de las clases secundarias.**

A continuación se presenta una descripción con los aspectos más relevantes de estas clases, así como la descripción de los métodos más importantes de cada una de ellas. Todos los objetos implementan métodos de actualización y recuperación de sus principales propiedades, siguiendo la convención de *setters* y *getters*. En total, la implementación consta de aproximadamente 3747 líneas de código, sin contar el código que genera automáticamente la plataforma .NET, como la definición e inicialización de formularios, componentes, etc., ni las clases externas utilizadas.

## 7.3.2 Descripción y métodos principales de las clases

### MOSS

La clase MOSS es la clase principal del software. Controla toda la ejecución del programa, y utiliza a las demás clases a través de objetos creados por ella para los distintos propósitos del software. En total cuenta con 2220 líneas de código. Al ser la clase principal, es la que posee la mayor cantidad de variables, que permiten almacenar toda la información temporal necesaria durante la ejecución, además de permitir controlar el flujo de las metáforas utilizadas.

```
private Device device; //device DX
public ActionPerformer ap; //Maneja input del dispositivo
private float posicionCamaraX, posicionCamaraY; //indica donde esta la camara
private float camaraX_futura, camaraY_futura;
private float desplazamiento_camara = 10.0F; //parametro de velocidad de camara
private Matrix m_LocalMatrix; //transformaciones del mundo
private Sprite spriteFachadas; //generico para dibujar
private Sprite spriteFachadas_top; //generico para dibujar mas arriba
private Sprite spriteSolidos; //generico para dibujar
private Sprite sp_mira; //sprite para dibujar la mira
private mySprite mira; //representa el centro del visor
private WaveOut sonido, sonidoLoop; //handlers de sonido, con y sin loop

//listas para contener los sprites creados
private List<mySprite> listaSolidos = new List<mySprite>();
private List<mySprite> listaFachadas = new List<mySprite>();
private List<mySprite> listaFachadas_top = new List<mySprite>();
private List<mySprite> listaLandmarks = new List<mySprite>();
private List<mySprite> listaEntradas = new List<mySprite>();
private List<mySprite> listaComunes = new List<mySprite>();
private List<mySprite> listaInfocentros = new List<mySprite>();
private Hashtable listaTexturas = new Hashtable(); //lista con las texturas

private XmlDocument doc; //XML con el contenido y descripción del ambiente virtual
private XmlNode sector_actual; //Lista XML con los elementos por renderizar
private string ambiente_actual; //indica el ambiente (escuela) actual
private string usuario_actual; //nombre del usuario actual

private string codeBase; //directorio actual
private string currentDirectory;
private bool corriendo; //flag del ciclo principal
private string estado; //flag del estado del software; menu, navegacion, etc
private bool iniciando; //flag para saber si está iniciando el software
private bool sfxSonando = false; //indica si está sonando ya un sfx
private bool TTSSonando = false; //flag que indica si el TTS esta sonando
private int alto_mundo, ancho_mundo; //dimensiones del ambiente
private string apunta_mundo; //hacia donde apunta el ambiente
private string [] mallaCardinal = new String[9]; //posiciones cardinales
private StreamWriter sw; //writer del archivo de log
private Hashtable info_adicional = new Hashtable(); //info adicional elementos
private Hashtable desc_gral = new Hashtable(); //guarda info elemento actual
private static MenuInicial formMenu2; //objetos de formularios
private static MenuUsuarios formuMenu; //objetos de formularios
private string mapaActual; //ruta del mapa actual
private List<string> listaAcciones = new List<string>(); //para el logger
private int accion_actual = 0;
private static MOSS inst_emo; //clase objeto principal
public ActionPerformer tmp;
```

Los principales métodos de la clase MOSS se presentan en la Tabla N° 10.

**Tabla N° 10. Métodos de la clase MOSS.**

Método	Descripción
CorreSim()	Comienza la ejecución de una simulación y realiza las inicializaciones necesarias
terminaSim()	Detiene la simulación, registra la interacción y libera los recursos
Run()	Ciclo infinito que renderiza de acuerdo al tipo de metáfora utilizada
Initialize()	Realiza las inicializaciones de datos, gráficas y de sonido
InitializeData()	Inicializa los datos, en particular la estructura XML con la descripción del entorno
InitializeSound()	Inicializa los elementos de sonido
InitializeGraphics()	Inicializa todos los elementos gráficos, y crea las texturas y los sprites
ObtienePosicionActual()	Parsea un archivo de log, y retorna los movimientos del usuario, para simular la navegación real.
buscaMapa(string usuario_actual)	Busca en los archivos de configuración el nombre del entorno que le corresponde a usuario_actual y lo retorna
parseaMundo(XmlDocument doc)	Parsea el documento XML con la estructura del ambiente, y crea las listas de elementos necesarias
Render()	Limpia el buffer gráfico y renderiza todos los elementos de la escena actual
buscaLandmarks(string usuario_actual)	Busca en los archivos de configuración los puntos de referencia personales de usuario_actual
creaFachadas()	Crea todas las fachadas en la escena actual
creaSólidos()	Crea todos los sólidos en la escena actual
creaParedesExteriores()	Crea automáticamente cuatro paredes que enmarcan el ambiente virtual
playSonido(string nombre_archivo)	Reproduce el sonido nombre_archivo
mueve_camara_PI()	Mueve la cámara a la posición inicial correspondiente al cargar un nuevo mapa
mueveCamara(string donde, float x)	Mueve la cámara hacia la dirección donde, en x unidades. Además verifica y gatilla todos los eventos relacionados con el desplazamiento (como las colisiones)
creaLog()	Crea el manejador del archivo de logs y el encabezado de los mismos
escribeLog(string linea)	Escribe el texto de línea en el archivo de log
soundTracing(string donde, bool suena)	Acciona un ST, que nombra todos los elementos que encuentra en la dirección donde, desde la ubicación actual del usuario
muestraInfo()	Muestra la información adicional del elemento actualmente en contacto
descContexto(bool partiendo)	Descripción general del sector e información adicional de ubicación y orientación
posCamara()	Retorna la posición actual de la cámara
calculaPosicionCardinal()	Calcula la posición cardinal en forma dinámica
cierraApp()	Cierra la aplicación y libera recursos

## MySprite

La clase MySprite permite crear todos los elementos que representan a los objetos con los cuales el usuario interactúa. La razón principal de esta clase es porque la clase Sprite nativa de DirectX para el Compact Framework no posee los métodos mínimos requeridos, como por ejemplo los asociados al tratamiento de colisiones. Al ser la clase Sprite una clase sellada no permite heredar directamente de ella, por lo que la clase MySprite posee un método para renderizar el objeto que utiliza un objeto de la clase Sprite que es recibido como parámetro. La clase MySprite cuenta con 170 líneas de código.

```
private Vector3 posicion; //Lugar donde se dibujara el sprite
private System.Drawing.Rectangle rectangulo; //Caja de frontera del sprite
private System.Drawing.Color color; //Color de fondo de la caja
private Texture textura; //Textura con la cual se dibuja el sprite
private float left, right, top, bottom; //Coordenadas de la caja
private string nombre_op; //nombre opcional
private string info; //informacion adicional
```

Los principales métodos de la clase `MySprite` se presentan en la Tabla N° 11.

**Tabla N° 11. Métodos de la clase `MySprite`.**

Método	Descripción
<code>public mySprite(Texture latextura, System.Drawing.Rectangle elrectangulo, Vector3 laposicion, System.Drawing.Color elcolor)</code>	Constructor
<code>public mySprite(Texture latextura, System.Drawing.Rectangle elrectangulo, Vector3 laposicion, System.Drawing.Color elcolor, string nombreoptional, string lainfo)</code>	Constructor extendido para entidades del modelo
<code>public bool colisiona(mySprite s, float camaraX, float camaraY)</code>	Verifica si el objeto colisiona con el sprite que se le pasa como parámetro
<code>public void dibuja(Sprite elSprite)</code>	Dibuja el objeto utilizando un sprite nativo de DirectX

## ActionPerformer

La clase `ActionPerformer` es la que administra todas las entradas e interacción de los usuarios: joystick, botones y pantalla táctil. Define las diferentes acciones y respuestas de acuerdo al contexto en el que se encuentra el usuario –en base a la interfaz o formulario que se encuentra siendo desplegado. Cuenta con un poco más de 650 líneas de código. La clase `ActionPerformer` utiliza estructuras predefinidas para la administración de las entradas por medio de la botonera—a través de la clase `CaptureHButtons` y `KeysHardware`— y por medio del joystick –a través de la clase `JoystickKeysHardware`. Además controla la captura de eventos `MouseDown` y `MouseUp` para la pantalla táctil.

```
private int xcoord_down, ycoord_down, xcoord_up, ycoord_up; //coords pantalla
private string donde_inicial = ""; //indica hacia donde fue presionado el mouse
private string donde_final = ""; //igual que la anterior, segundo movimiento
private double timeout; //para calcular el timeout de la repetición del gesto
public CaptureHButtonsControl.CaptureHButtons1 captureHButtons1; //capturador
MOSS prin; //enlace a la clase principal
//clases para enlazar los distintos formularios
private MenuInterno formMenu;
private MenuInicial formMenuInicial;
private MenuUsuarios formMenuUsuarios;
private MenuLandmarks formMenuLandmarks;
```

Los principales métodos de la clase `ActionPerformer` se presentan en la Tabla N° 12.

**Tabla N° 12. Métodos de la clase `ActionPerformer`.**

Método	Descripción
<code>public ActionPerformer(MOSS p)</code>	Constructor. El argumento depende del contexto
<code>private void MouseDown(object sender, EventArgs e)</code>	Capturador de eventos <code>MouseDown</code> (presionar sobre la pantalla táctil). También existe el inverso ( <code>MouseUp</code> )
<code>public void JoyStick_KeyDown</code>	Capturador de eventos de interacción sobre el Joystick. Su definición depende del contexto del usuario
<code>public void getAction(int KeyCode)</code>	Captura y define las acciones a seguir después de recibir interacción con los botones

## MenuUsuarios

La clase `MenuUsuarios` controla todo el flujo de ejecución de la primera interfaz que se presenta al usuario al comenzar la ejecución del software. Contiene todos los métodos y acciones asociadas a recuperar a los usuarios desde los archivos de configuración, creando los diferentes contextos de acuerdo al usuario que es escogido. Esta clase cuenta con cerca de 140 líneas de código. Los principales métodos de ésta clase se presentan en la Tabla N° 13.

Tabla N° 13. Métodos de la clase `MenuUsuarios`.

Método	Descripción
<code>public MenuUsuarios(MOSS p)</code>	Constructor. El argumento permite enlazar el menú con la clase principal
<code>public void repiteIntruccion()</code>	Utiliza el motor TTS para repetir la instrucción verbal
<code>public void llenaListadoUsuarios()</code>	Recupera los nombres de los usuarios y su información a partir del archivo de configuración
<code>public void nombraUsuarioActual()</code>	Utiliza el motor TTS para nombrar al usuario actualmente seleccionado

## MenuLandmarks

La clase `MenuLandmarks` es la que permite administrar los puntos de referencia, de manera que cada usuario puede crear y eliminar landmarks personales y de esta manera personalizar los puntos de referencia que son desplegados en la interfaz. Esta clase cuenta con 365 líneas de código.

```
private string posActualX, posActualY; //posicion actual del usuario
private XmlNode sector_actual; //para mostrar todos los LM (usuario + mapa)
private bool confirmaBorra = false; //flag para confirmar borrado LM
private bool confirmaAgrega = false; //flag para confirmar agregar LM
private string nombre_usuario; //para saber que archivo de configuracion utilizar
private int itemActual; //indica el LM actual en el listado circular
private XmlDocument doc; //handler del doc XML
private XmlNode padre; //handler para agregar nuevos LMs
private int cuantosLM; //indica cuantos landmarks propios tiene el usuario actual
private string ruta; //paths de directorios
private Hashtable contexto; //informacion para crear un LM
public ActionPerformer ap; //handler enlazador
private WaveOut sonido;
private List<string> listaLandmarks = new List<string>(); //listado de LM
private List<string> listaInfo = new List<string>(); //información de los LM
private List<bool> listaEsBorrable = new List<bool>(); //flag que indica si el
punto de referencia puede ser eliminado por el usuario
```

Los principales métodos de ésta clase se presentan en la Tabla N° 14.

**Tabla N° 14. Métodos de la clase MenuLandmarks.**

Método	Descripción
MenuLandmarks( <code>string</code> unnombre_usuario, <code>XmlNode</code> sector, <code>string</code> posCam, <code>Hashtable</code> elcontexto, <code>WaveOut s</code> )	Constructor. Recibe el nombre del usuario actual (para saber qué archivo de configuración utilizar), el sector actual (para saber qué puntos de referencia utilizar desde el mapa), la posición actual del usuario (por si se desea crear un nuevo punto de referencia), y la información de contexto (para crear un nuevo landmark utilizando el contexto actual del usuario)
<code>public void</code> llenaListadoLandmarks()	Crea el listado de puntos de referencia a partir del archivo de configuración del usuario actual y del ambiente que está siendo navegado
<code>public void</code> confirmaAgregarLM()	Crea un nuevo nodo en la estructura XML con la configuración del usuario, agregando un punto de referencia, con toda su información construida en forma dinámica <sup>1</sup>
<code>public void</code> confirmaBorradoLM()	Elimina el punto de referencia seleccionado, después de haber confirmado que es un punto de referencia que puede ser eliminado por el usuario

## 7.4 Estructura y jerarquía de directorios

La estructura de directorios (Figura 33) separa en un primer nivel la lógica del software EMO de la lógica del motor de sonido, de manera de que éste último pueda ser intercambiado por otros en forma transparente para el usuario y para la aplicación. Dentro del directorio principal de EMO es posible encontrar las estructuras creadas por Visual Studio (los directorios `bin` y `obj`, por ejemplo), así como las creadas específicamente para este proyecto. Entre estas últimas se encuentra el directorio `Config`, que almacena el archivo de configuración con la información de los usuarios –nombre, ambiente y puntos de referencia personales; el directorio `Imágenes`, que almacena todas las texturas utilizadas en la interfaz gráfica; el directorio `log_NR`, que almacena archivos de registro que permiten reconstruir la navegación de un usuario, de manera de poder simular la navegación en tiempo real; el directorio `logs`, que almacena los registros de la navegación de cada usuario luego de una sesión de interacción (movimientos, acciones y tiempos); el directorio `Mapas_XML`, que contiene las estructuras de los distintos ambientes virtuales construidos; y finalmente el directorio `Sonidos`, que contiene todos los efectos de sonido utilizados en el software.

Diversos tipos de archivos son utilizados en el software EMO. En el núcleo del software existen una serie de archivos creados por .NET, por ejemplo, de acuerdo a los formularios creados. Las clases principales se encuentran en archivos de extensión `.cs` (c-sharp), además de las librerías utilizadas (para el motor TTS y el capturador de los botones) que se encuentran en archivos de tipo `.dll`. Los archivos de configuración y las estructuras con la representación de los ambientes son archivos XML, y mientras que los archivos de registro (logs) son archivos de texto plano. Todos los archivos de sonido corresponden a archivos WAV, codificados específicamente con Windows PCM, para asegurar su correcto funcionamiento en el dispositivo Pocket PC. Por otro lado, todas las imágenes utilizadas son de tipo JPG.

<sup>1</sup> Véase capítulo 8.5.4 Administración de puntos de referencia.

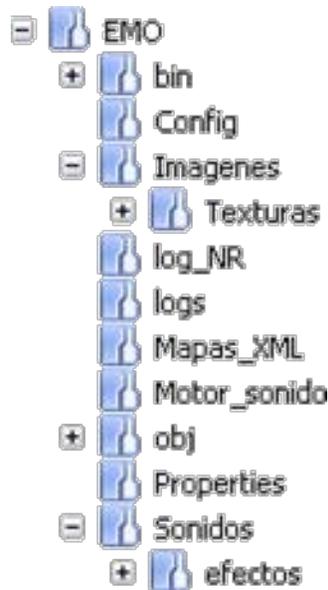


Figura 33. Estructura de directorios.

## 7.5 Flujo de ejecución

El flujo de ejecución implementado sigue la lógica de un videojuego<sup>1</sup>, en la cual diferentes etapas se suceden unas a otras dentro de un ciclo principal. El método `Main()` del programa crea una nueva instancia de la aplicación `EMO`, inicializa los formularios correspondientes, el motor TTS, y despliega la interfaz para la selección de usuario.

```

static void Main()
{
    inst_emo = new MOSS();
    inst_emo.WindowState = FormWindowState.Maximized;
    inst_emo.ap = new ActionPerformer(inst_emo);

    TTS.TTS_Startup();
    inst_emo.InitializeSound();

    formuMenu = new MenuUsuarios(inst_emo);
    formuMenu.ap = new ActionPerformer(formuMenu);

    inst_emo.Estado = "menuUsuarios";
    formuMenu.Show();
    inst_emo.Run();
}

```

Cuando el usuario comienza una simulación, se ejecuta el método `Run()`, que define todo el flujo de la ejecución.

<sup>1</sup> Véase el capítulo 7.3.1, Lógica de videojuego.

```

protected void Run()
{
    bool esperaInicio = true;
    corriendo = true;
    reloj = new Stopwatch();
    startTick = reloj.CurrentTick();

    while (corriendo)
    {
        Application.DoEvents(); //procesa los mensajes
        if (estado == "simulacion")
        {
            Render();
            // seteo el lugar inicial de la navegacion (depende del mapa)
            if (iniciando)
            {
                mueve_camara_PI();
                iniciando = false;
                ...
            }
        }
        //navegacion tiempo real
        if (estado == "navegacion")
        {
            ...
        }
        Render();
        ...
    }
    TTS.TTS_Shutdown();
    this.Close();
}

```

La metáfora principal –Navegación en tiempo real o Simulación– se define en un ciclo que se repite mientras la aplicación se esté ejecutando, realizando las inicializaciones correspondientes, así como también la captura de las entradas que realiza el usuario (a través de los botones, joystick o pantalla). Luego de procesar estas entradas, y de actualizar la posición del usuario y su contexto, se procede a renderizar en pantalla los elementos, a través del método `Render()`<sup>1</sup>.

Al final del ciclo de renderización, se utilizan los métodos nativos de DirectX para hacer el intercambio entre los búferes con la información gráfica. El método `Run()` se continúa ejecutando hasta que el usuario seleccione la opción que le permite cambiar de metáfora o que termina la ejecución.

## 7.6 Detección de colisiones

DirectX para el ambiente compacto no provee de herramientas para el tratamiento de las colisiones, por lo que es responsabilidad de cada programador implementar los métodos correspondientes. El primer concepto importante sobre el tratamiento de las colisiones en el software EMO es que los sprites de imágenes se definen siempre a través de un rectángulo o

---

<sup>1</sup> Anexo E.1 – Método de render.

caja que los contiene (Figura 34), propiedad sobre la cual actúan comúnmente los algoritmos de colisión.

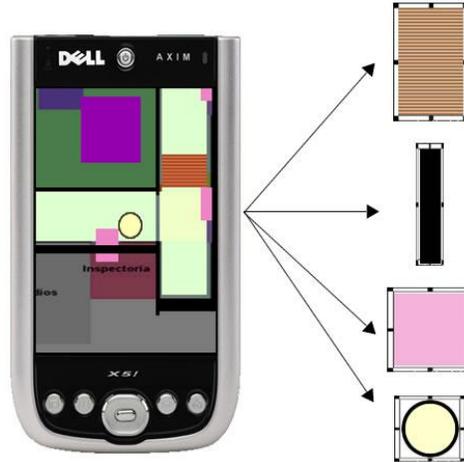


Figura 34. Rectángulo o caja que define los límites de un sprite.

Si bien puede existir el argumento de que este enfoque no permite intersectar formas irregulares, esto no presenta un mayor inconveniente, ya que la mayoría de los objetos utilizados son de formas aproximadamente rectangulares, y los que no lo son, fueron descompuestos en otros más simples que si lo son, logrando un alto nivel de representatividad del ambiente real.

Es importante además considerar cuándo calcular las colisiones. Una alternativa es calcular las colisiones después de renderizar, lo que puede ser útil por ejemplo en un juego donde un misil choca con una nave, ya que se puede permitir que por una fracción de segundo el misil aparezca sobre o bajo la nave, y que luego en la siguiente fracción de segundo ocurra una explosión (por ejemplo). Pero si consideramos ahora un videojuego en donde se controla a un personaje, y éste puede chocar con otros personajes o con los elementos del mundo (paredes, puertas), esto es inaceptable. No se debe mostrar al personaje dentro de otro, aunque sea sólo por una fracción de segundo y después se devuelva a su posición original (Figura 35).

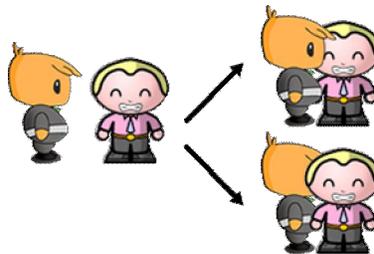
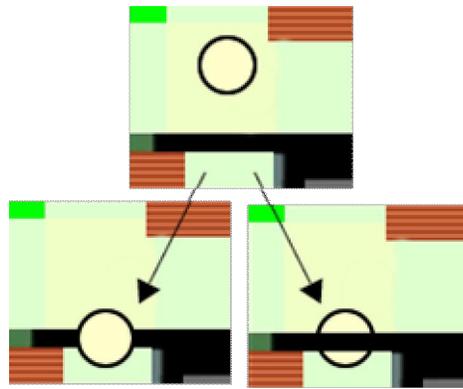


Figura 35. Colisiones inaceptables en un videojuego.

Este mismo problema ocurre en el software EMO, porque tampoco se debe mostrar al usuario (representado por la mira en el centro de la pantalla) sobre las paredes u otros objetos sólidos (Figura 36).



**Figura 36. Colisiones inaceptables en el software EMO.**

Frente a esto, es importante considerar que en la animación computacional el movimiento ocurre en porciones de tiempo llamados cuadros. Se pueden tener 15, 60 o 999 cuadros por segundo, pero siempre un número finito. De esta manera, un objeto en la escena debe saltar de un instante definido de tiempo al siguiente, pero nunca a uno intermedio. Siguiendo esta idea, hay dos maneras en que se puede animar un objeto. La primera, es el movimiento instantáneo. Esto ocurre cuando el objeto puede saltar de un punto a otro de la escena (por ejemplo, al mover un objeto con el mouse). La otra manera es mover el objeto en forma incremental, en donde el objeto se mueve “paso a paso” a través de la escena, que es lo usual al mover objetos con las flechas direccionales. De esta manera, si el objeto choca con otro, entonces se puede retroceder un paso en la animación, para evitar la colisión. Esto es lo que se debe hacer en un videojuego si un personaje choca con una pared, por ejemplo.

Siguiendo con esta idea, se definió la estrategia que se utilizó en este software para el tratamiento de las colisiones. Una importante variante al concepto de animación mencionado anteriormente tiene que ver con que las colisiones se calculan de manera anticipada al movimiento. Es decir, antes de que el usuario pueda desplazarse se comprueba si en la posición futura existiría una colisión. En caso negativo, el movimiento toma lugar, mientras que en el caso afirmativo el movimiento no es permitido, y se entrega el feedback que corresponde. De esta forma, a través de la posición actual del usuario (representado a través de la mira), de la dirección del movimiento, y de la nueva posición, se verifica la intersección con el rectángulo del sólido en cuestión. Si existe la intersección, entonces el movimiento no es permitido. De esta manera se evitan los problemas de objetos sobre o atrás de otros.

Cada vez que el usuario desea alterar su posición, se verifica si su posición futura interseca con alguno de los sprites que representan los elementos del entorno virtual. Si hay una colisión, entonces se procesa de diferentes maneras, dependiendo de qué tipo de elemento se trate, ya que no todas las colisiones necesariamente limitan el movimiento. Esto es una cuestión netamente conceptual, ya que por ejemplo, si el usuario va a chocar con una muralla, entonces es lógico que se le impida el movimiento en esa dirección, pero si “choca” con una escalera, entonces puede continuar su movimiento, pero el tratamiento de la colisión permitirá entregar el feedback asociado a ese evento (por ejemplo emitiendo el sonido de pasos subiendo una escalera).

```

foreach (mySprite s in listaSolidos)
{
    if (mira.colisiona(s, camaraX_futura, camaraY_futura))
    {
        //Choco, ahora veo con que tipo de solido
        switch (s.Nombre_op)
        {
            case "muralla":
                ...
        }
    }
}

public bool colisiona(mySprite s, float camaraX, float camaraY)
{
    //veo las 4 condiciones directas para descartar colision
    if (camaraX +30 < s.left)
        return false;
    if (camaraX > s.right)
        return false;
    if (camaraY+30 < s.top)
        return false;
    if (camaraY > s.bottom)
        return false;

    return true;
}

```

En cuanto a la detección de las colisiones, se utilizó un método propio de la clase `MySprite`, en el cual se utilizó un eficiente algoritmo que permite encontrar las colisiones. En vez de verificar cada posible condición de colisión, se hace exactamente lo contrario –se verifican las condiciones en las que no hay colisión– ya que existen cuatro condiciones directas que permiten descartar una condición fácilmente:

1. El borde derecho de la caja de la mira está a la izquierda del borde izquierdo de la caja del sprite candidato a colisión.
2. El borde izquierdo de la caja de la mira está a la derecha del borde derecho de la caja del sprite candidato a colisión.
3. El borde inferior de la caja de la mira está más arriba que el borde superior de la caja del sprite candidato a colisión.
4. El borde superior de la caja de la mira está más abajo que el borde inferior de la caja del sprite candidato a colisión.

De esta manera sólo se verifican a lo más cuatro condiciones, si cualquiera de ellas es cierta, entonces **no** puede existir una colisión. Por el contrario, si todas ellas son falsas, entonces se está en presencia de una colisión.

## 7.7 Otras implementaciones relevantes

Además de las implementaciones del núcleo del software EMO, es importante dar a conocer algunas implementaciones secundarias, que consistieron en interesantes desafíos desde el punto de vista de la programación y el diseño de los algoritmos, y que fueron resueltos por medio de sencillas implementaciones.

### 7.7.1 Cálculo dinámico de posición cardinal

Una de las herramientas provistas para orientar al usuario consistió en otorgar la posición cardinal relativa dentro del ambiente virtual. Esto quiere decir que para cada entorno se definen zonas cardinales en forma dinámica, dependiendo de la orientación del ambiente real que representan. Por ejemplo, es posible decir que el sector implementado de la escuela Santa Lucía está orientado hacia el oeste, de acuerdo a como fue representado el ambiente real. De esta manera es posible construir las nueve áreas cardinales artificiales –en sus distintas combinaciones, y relacionarlas con el entorno virtual (Figura 37).

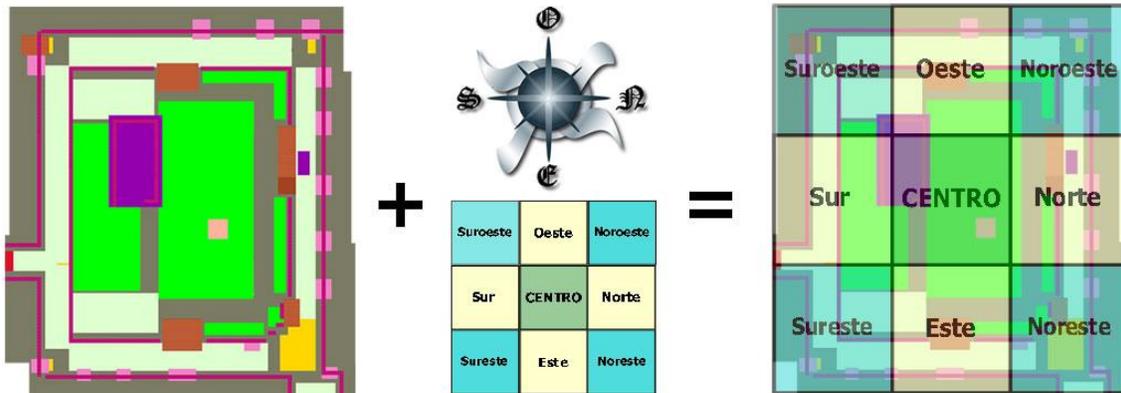


Figura 37.

Orientación del entorno virtual.

En el ejemplo anterior es posible decir que el entorno representado “apunta” hacia el oeste. De esta manera, para calcular en forma dinámica la posición del usuario en términos de los puntos cardinales, basta con saber solamente esta dirección. Esta información está contenida en la representación XML del ambiente, en el nodo *Canvas*, en la propiedad *apunta*.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<entorno nombre = "Hogar Santa Lucía">
  <sector>
    <nombre>patio</nombre>
    <descripcion>es el patio que se encuentra cerca de la capilla</descripcion>
    <canvas>
      <imagen>fondo.png</imagen>
      <ancho>1000</ancho>
      <alto>1700</alto>
      <apunta>Oeste</apunta>
    </canvas>
    <elementos>
      ...
    </elementos>
  </sector>
</entorno>
```

Al momento de cargar el mapa y de realizar las inicializaciones correspondientes, se crea una matriz que representa las áreas artificiales de acuerdo a la orientación del mapa. Luego, como además se conocen la altura y ancho del mundo que se está representando es posible

utilizar un simple algoritmo<sup>1</sup> que permite detectar en qué columna y fila de la matriz se encuentra el usuario en algún determinado momento (a través de su posición), y de esta manera conocer la casilla cardinal exacta en la que se encuentra.

De esta manera, es posible proveer de información sobre la posición cardinal aproximada del usuario en cualquier momento, independiente del ambiente, y así poder entregar información del estilo “Te encuentras en la zona Noreste del patio”, por ejemplo.

### 7.7.2 SoundTracing (ST)

Una de las acciones principales que puede realizar el usuario es el denominado **SoundTracing (ST)**. Por medio del SoundTracing el usuario emite un rayo virtual que detecta todos los objetos que se encuentran en una cierta dirección, de manera de poder anticiparse a obstáculos, y para conocer si se dirige en la dirección correcta. Para enviar un ST, el usuario debe realizar un gesto sobre la pantalla táctil del dispositivo Pocket PC, representando una línea en la dirección en la que se desea enviar el rayo.

Para detectar el tipo de movimiento, primero se dividió virtualmente la pantalla en ocho cuadrantes (Figura 38).

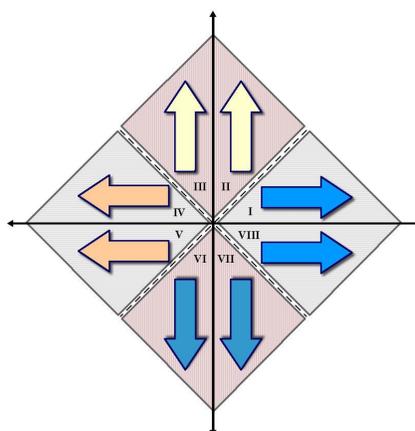


Figura 38. Lógica de la interacción por medio del SoundTracing.

De esta manera, se construyen rectas dinámicamente, tomando como puntos iniciales y finales las coordenadas entregadas en los eventos `MouseDown` y `MouseUp`, que indican los puntos de la pantalla sobre los cuales el usuario presionó y soltó respectivamente. Tomando estas coordenadas es posible calcular la pendiente de la recta formada, y de ésta manera calcular el ángulo que existe entre la recta y el eje de las ordenadas del plano cartesiano (Figura 39).

Finalmente, teniendo el ángulo es posible definir el cuadrante al cual perteneció el gesto, y con esto la dirección (arriba, abajo, izquierda o derecha). De esta manera, no es necesario que el usuario haga una recta exactamente en forma vertical u horizontal, sino que permite un arco de posibles rectas.

<sup>1</sup> Anexo E.2 – Cálculo de la posición cardinal.

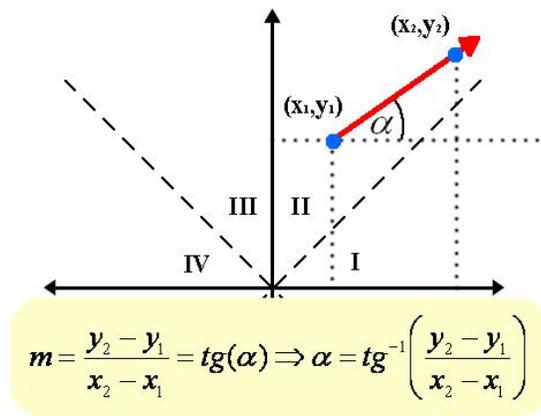


Figura 39. Cálculo dinámico del tipo de recta.

Así es más fácil realizar el gesto, además de solucionar un problema detectado en algunas evaluaciones informales, en las que se observó que las personas tendían a cargar el gesto vertical hacia un lado u el otro –o hacia arriba y abajo en el caso del gesto horizontal– dependiendo de si eran diestros o zurdos (y por ende de con cual mano preferían tomar el dispositivo Pocket PC). Todo esto se controló por medio de los eventos `MouseDown` y `MouseUp`, ya que estableciendo un parámetro sobre el módulo de la diferencia de las coordenadas en el eje x es posible establecer diferentes grados de inclinación (o dirección) permitidos: mientras menor sea esta diferencia más horizontal o vertical debe ser la recta, respectivamente. Análogamente, es posible parametrizar el módulo de la diferencia de las coordenadas en el eje y, y de esta manera establecer la extensión mínima que debe tener el gesto para ser considerado –mientras mayor sea la diferencia, mayor debe ser el desplazamiento que el usuario debe hacer con sus dedos sobre la pantalla. Finalmente, el método `SoundTracing`<sup>1</sup> crea un listado con todos los elementos en la dirección del rayo, cuya apertura es del tamaño de la mira.

### 7.7.3 WaveTracing (WT)

Gracias a los resultados de las evaluaciones de usabilidad tanto de usuario final como heurística –presentadas en el siguiente capítulo– surgió la idea de una nueva funcionalidad para el software EMO, que fue denominada `WaveTracing` (WT). Esta funcionalidad está basada en el `SoundTracing`, pero la diferencia es que en vez de entregar todos los elementos en una sola dirección, entrega los elementos presentes en todas las direcciones, dentro de un cierto radio. De esta manera es posible enriquecer la información de contexto que se le entrega al usuario en cualquier momento durante la interacción, independiente de su posición (debido a que se genera dinámicamente). En este desarrollo, solo se implementó una versión acotada del `WaveTracing`, que entrega solo el elemento más cercano para cada dirección.

<sup>1</sup> Anexo E.3 – Método `SoundTracing`.

```

...
// "mini wavetracing"
string dire = soundTracing("arriba", false);
string[] tmp = dire.Split(';');
info.Add("arriba", tmp[0]);

dire = soundTracing("abajo", false);
string[] tmp2 = dire.Split(';');
info.Add("abajo", tmp2[0]);

dire = soundTracing("izquierda", false);
string[] tmp3 = dire.Split(';');
info.Add("izquierda", tmp3[0]);

dire = soundTracing("derecha", false);
string[] tmp4 = dire.Split(';');
info.Add("derecha", tmp4[0]);

...

```

Para esto simplemente se realizan llamadas sucesivas al método SoundTracing, una por cada dirección, y se almacena el primer elemento que dicho método retorna.

#### 7.7.4 Administración de Landmarks

El usuario puede crear y eliminar sus propios puntos de referencia. Uno de los problemas de registrar puntos de referencia fue qué información almacenar acerca de ese punto. Por un lado se esperaba crear un nombre lo suficientemente representativo para que el usuario lo identificara del listado completo de puntos de referencia existentes. Por otro lado, era necesario almacenar una descripción de ese punto de referencia en función del contexto, es decir de la posición y de los elementos que lo rodean. De esta forma, la información que se considera (de existir en ese contexto particular) es:

- El sector actual.
- La posición cardinal del usuario.
- El elemento con el cual el usuario se encuentra actualmente en contacto.
- Elemento más cercano de acuerdo al WT (sólo si es diferente al anterior).

Como no existe manera de saber con anticipación en qué lugar el usuario creará un punto de referencia, la información relacionada se crea dinámicamente. Para esto se utiliza la variable `contexto`, que tiene almacenada la información del sector en el cual se encuentra el usuario, la posición cardinal, y el elemento sobre el cual el usuario se encuentra actualmente. Además se utiliza la versión acotada de WT para obtener todos los elementos que se encuentran alrededor del punto de referencia. El nombre del punto de referencia también se crea dinámicamente utilizando el sector y el elemento sobre el cual el usuario se encuentra al momento de crearlo<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Anexo E.4 – Creación de un punto de referencia.

De esta manera, el archivo de configuración “Usuarios.xml” –que contiene la información de cada usuario registrado en el sistema– es modificado agregando o eliminando los puntos de referencia correspondientes. Dentro de los nodos que caracterizan la información del usuario se encuentra el listado de nodos denominados “landmarks”, los que poseen información de la posición del punto de referencia, un nombre único (generado a partir de un *timestamp*), una llave (nombre creado dinámicamente a partir de la información de contexto), y finalmente un nodo *info*, con la información del punto de referencia.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<configuracion>
  <usuarios>
    <usuario>
      <nombre>Participante</nombre>
      <apellido>III</apellido>
      <ambiente>lamaisonette</ambiente>
      <landmarks>
        <landmark>
          <nombre>1610200522737</nombre>
          <posx>900</posx>
          <posy>80</posy>
          <ancho>30</ancho>
          <alto>30</alto>
          <llave>Punto personal Pasillo escalera patio</llave>
          <info>Este punto se encuentra en el Sector patio, en la zona Noroeste.
Está cercano a Pasillo escalera.</info>
          <puntaje>1000</puntaje>
        </landmark>
        <landmark>
          <nombre>512006212813</nombre>
          <posx>520</posx>
          <posy>40</posy>
          <ancho>30</ancho>
          <alto>30</alto>
          <llave>Punto personal Patio fuente de agua patio</llave>
          <info>Este punto se encuentra en el Sector patio, en la zona Oeste. Está
cercano a Patio fuente de agua.</info>
          <puntaje>1000</puntaje>
        </landmark>
        ...
      </landmarks>
    </usuario>
  </usuarios>
</configuracion>

```

### 7.7.5 Logger

Muchas veces durante una sesión de interacción con un ambiente virtual basado en sonido es imposible poder registrar todos los eventos y sucesos que ocurren, ya sea por el número de usuarios [81], así como de la cantidad de acciones que ellos pueden realizar. Por esta razón, es favorable contar con un proceso automatizado que registre la interacción del usuario en forma cualitativa –qué acciones realizó el usuario; así como cuantitativa –cuando las realizó y cuántas veces; de manera de poder analizar esta información en forma posterior a la interacción del usuario, permitiendo incluso recrear completamente su comportamiento por medio de simulaciones.

Si bien en esta investigación no se consideró el análisis de los registros de las interacciones de los usuarios (almacenados en archivos de log), si se implementó esta funcionalidad en el software, de manera de poder realizar futuros estudios considerando esta información. Cada interacción genera un archivo de texto plano en donde en cada línea se

registra la interacción realizada por el usuario (movimientos, colisiones, acciones), y el tiempo –en milisegundos– en el cual dicha interacción fue registrada.

```
Registro de Interacción - Archivo generado el 25/2/2007 a las 16:35:41
-----
Comenzando Registro...
Izquierda: (870,1310) >>>132636061
sobre pasillo - Pasillo Entrada
Izquierda: (860,1310) >>>132636073
sobre pasillo - Pasillo Entrada
Izquierda: (850,1310) >>>132636077
sobre pasillo - Pasillo Entrada
Izquierda: (840,1310) >>>132636080
sobre landmark - Punto de Referencia Puerta de la Capilla
Izquierda: (830,1310) >>>132636890
...

Choque Izquierda: (760,1310) - Muralla vertical 2>>>132636920
Choque Izquierda: (760,1310) - Muralla vertical 2>>>132636923
ACCION: SoundTracing arriba >> 132637873
ACCION: Información adicional >> 132640706
Abajo: (820,1350) >>>132640709
...
```

Esta información podría ser utilizada en futuros estudios para analizar las estrategias de desplazamiento virtual utilizadas por los usuarios ciegos, y compararlas con las utilizadas en los ambientes reales [46], o para analizar la demanda cognitiva que significa un ambiente particular [81].

# VIII

## EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD

# Evaluación de la Usabilidad

## 8.1 Preliminares

Todos los avances en las tecnologías de la información y comunicación se han visto reflejados principalmente en las nuevas capacidades, y en las nuevas formas de comunicación entre las personas. Pero los avances en los procesos de interacción entre las personas y los computadores son más bien independientes de la tecnología, ya que dependen en mayor medida de poder comprender mejor los elementos humanos, que de la tecnología [16]. Es decir, el verdadero problema no radica en el énfasis de la propia tecnología, sino en la persona para la cual está hecho el dispositivo [62], ya que en los desarrollos actuales comúnmente se olvida al usuario final. Si a esto le sumamos el hecho de que los usuarios objetivos de este trabajo tienen necesidades adicionales a las de un usuario común, consecuencia de sus limitantes físicas, entonces se puede comenzar a vislumbrar la importancia que tiene el cumplir con un modelo de desarrollo centrado en el usuario.

Es aquí donde aparece la Usabilidad como respuesta, la que se define como la propiedad que tiene un determinado sistema para que sea "fácil de usar o de utilizar y de aprender"; tratándose de una propiedad que no es sólo aplicable a los sistemas software, sino que es aplicable a los elementos de la vida cotidiana [61]. La usabilidad es una característica básica que debe poseer un producto para ser utilizado, sin frustraciones y de forma placentera por las personas para las que supuestamente fue originalmente diseñado.

Desde un punto de vista más formal, el organismo ISO propone definiciones del término usabilidad, definidas dependiendo de los términos que considera en el momento de especificar o evaluar dicha usabilidad [6]:

*“La capacidad de un producto de software de ser comprendido, aprendido, utilizado, y atractivo para el usuario, bajo condiciones específicas de uso” (ISO/IEC 9126); y “La medida en la que un producto puede ser utilizado por determinados usuarios, para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto específico de uso” (ISO 9241).*

Otro de los objetivos que se busca al considerar y evaluar la usabilidad, es lograr introducir cambios tecnológicos a los usuarios sin que ello les suponga un trauma [68], de ésta manera evitando la “tecnofobia” [104], e idealmente sin la necesidad de formación posterior a la instalación del software. La importancia de la usabilidad en el desarrollo de software radica en que se trata de un factor crítico para que el sistema alcance su objetivo [57]. Los usuarios deben tener la sensación real de que el sistema les ayudará a realizar sus tareas. Y éste debe hacerlo; de otra forma serán renuentes a su utilización.

Los beneficios de la usabilidad son muchos. De manera inmediata, las interfaces son más fáciles de usar, lo cual de por sí ya supone un beneficio humanitario y ético, puesto que esta facilidad en la utilización hace que las personas se sientan menos frustradas y menos intimidadas por la tecnología [60]. Desde un punto de vista comercial, la usabilidad mejora

la productividad de los usuarios e incrementa su moral, reduce costes de formación y de documentación, permitiendo, por ejemplo, aumentar la cuota de mercado [98].

## 8.2 Metodología

### 8.2.1 Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la evaluación de usabilidad del software fueron cuatro; Evaluación de usuario final, Evaluación heurística, Observación directa, y Evaluación de facilitadores. Estos instrumentos permitieron detectar problemas de interfaz, así como también algunos errores de programación.

En la *Evaluación de usuario final*, los usuarios interactuaron con el software para luego evaluar las afirmaciones propuestas por [53] y [70] directamente aplicables al software EMO (Tabla N° 15), de manera de evaluar la usabilidad del sistema considerando atributos de interacción como aprendizaje, eficiencia, errores y satisfacción, entre otros. La evaluación de usuario final se centró en opiniones sobre si el software les había gustado, que cosas le cambiarían o agregarían, que utilidad tuvo para ellos, y similares. Cada afirmación sobre el software se evaluó con un puntaje de 1 (muy en desacuerdo) a 10 (muy de acuerdo).

**Tabla N° 15. Afirmaciones de la evaluación de usuario final.**

Número	Afirmación
I	Me gusta el software
II	El software es entretenido
III	Volvería a jugar con el software
IV	Recomendaría este software a otros niños/jóvenes
V	Aprendí con este software
VI	Me sentí controlando las situaciones del software
VII	El software es fácil de utilizar
VIII	El software se adapta a mi ritmo
IX	El software me permitió entender nuevas cosas
X	Me gustan los sonidos del software
XI	Los sonidos del software son claramente identificables
XII	Los sonidos del software me transmiten información

La *Evaluación heurística* [53], [58] es un método para encontrar problemas de usabilidad en el diseño de las interfaces, y que involucra a un conjunto de evaluadores expertos que juzgan la interfaz de acuerdo a una serie de principios validados de usabilidad; las “heurísticas”, y que son reglas generales que describen propiedades de interfaces usables (Tabla N° 16), las que son evaluadas en una escala de 1 (en desacuerdo) a 5 (de acuerdo).

En la evaluación heurística cada evaluador examina la interfaz en forma independiente, asigna un puntaje a cada heurística, y opcionalmente puede discutir sus resultados con los diseñadores, observadores y con los otros evaluadores, con el fin de agregar nueva información al proceso de evaluación [59]. Los resultados pueden ser registrados como

reportes escritos, o a través de los comentarios de cada evaluador. Si los evaluadores tienen problemas (producto por ejemplo de un prototipo inestable), o tienen una limitada experiencia dentro del dominio específico de la aplicación, entonces los observadores pueden actuar como facilitadores y asistir a los evaluadores. Una sesión de evaluación heurística dura típicamente entre una y dos horas (dependiendo la complejidad de la interfaz), durante la cual cada evaluador recorre la interfaz varias veces, juzgando las heurísticas. Debido a la simplicidad de la interfaz desarrollada, en esta evaluación bastó con sesiones de entre 40 y 60 minutos.

**Tabla N° 16. Heurísticas para la evaluación de usabilidad.**

Número	Afirmación
I	Visibilidad del estado del sistema
II	Relación entre sistema y mundo real
III	Control del usuario y libertad
IV	Consistencia y estándares
V	Prevención de errores
VI	Reconocer en lugar de recordar
VII	Flexibilidad y eficiencia de uso
VIII	Estética y diseño minimalista
IX	Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores
X	Ayuda y documentación
XI	Tratamiento del contenido
XII	Velocidad y medios

Durante la sesión de evaluación heurística, cada evaluador realiza inspecciones sistemáticas de la interfaz, y compara los elementos con la lista de heurísticas. Este procedimiento arroja como salida una listado de problemas de usabilidad de la interfaz, referenciados a las distintas clasificaciones utilizadas (visibilidad, relación con el mundo real, etc.). La evaluación heurística también considera la posibilidad de realizar sesiones de discusión de manera posterior a la inspección de la interfaz, con el fin de comprender los problemas planteados por los evaluadores, y discutir acerca de posibles rediseños.

La *Observación directa* consiste en la observación de la interacción de los usuarios en terreno, es decir, en las instancias de testeo. En éstas, mientras los usuarios utilizaban el software, se observó y registró en forma escrita los problemas, sugerencias y comentarios expresados por los usuarios y los observados durante la interacción. De esta manera, al final de cada sesión, se contaba con un registro escrito de los principales problemas de usabilidad detectados, con el fin de solucionarlos antes del siguiente testeo. La observación directa permite obtener un nivel de entendimiento de situaciones particulares de una manera rápida y barata, y al ser aplicada sistemáticamente permite clasificar y cuantificar las observaciones utilizando un enfoque estructurado de recolección de datos.

La *Evaluación de facilitadores* considera a los facilitadores de las sesiones de interacción –en el caso de esta investigación las educadoras– como usuarios finales al momento de mediar la interacción de los niños ciegos con el software. De esta manera, ellos poseen una información que no puede ser obtenida con las otras evaluaciones: la evaluación

de educadoras que trabajan con los niños y con la tecnología. Además de la interacción propia con el software EMO en la sesión de evaluación de facilitadores, las educadoras estuvieron presentes en las sesiones de interacción de los niños con el software, adquiriendo conocimiento y un punto de vista único que las caracterizó al momento de evaluar la usabilidad.

La evaluación de facilitadores se construyó a partir de las mismas afirmaciones de la evaluación heurística [53], [58], [59], y se centró en la evaluación de afirmaciones sobre el diseño general del software (Tabla N° 17), con un puntaje de 1 (muy en desacuerdo) a 10 (muy de acuerdo).

**Tabla N° 17. Afirmaciones de la evaluación de facilitadores.**

Número	Afirmación
I	El software es fácil de controlar.
II	Es fácil ejecutar la acción deseada.
III	Los controles son claramente identificables.
IV	El uso de las imágenes es aceptable.
V	El uso del color es aceptable.
VI	El diseño general del software es aceptable.
VII	La organización de los controles del software es aceptable.
VIII	La interfaz del software es placentera.
IX	El software tiene todas las funcionalidades esperadas.
X	El software tiene todas las capacidades esperadas.
XI	El software provee una interfaz aceptable para controlar y seguir el desempeño de un niño.
XII	Los sonidos del software me transmiten información

## 8.3 Evaluación de usuario final

### 8.3.1 Escenario

La evaluación de usabilidad fue realizada en cinco sesiones diferentes (Tabla N° 18), con cinco estudiantes<sup>1</sup> de diferentes colegios<sup>2</sup> de Santiago de Chile. En cada colegio se pidió habilitar una sala desocupada (y silenciosa) para llevar a cabo la evaluación.

**Tabla N° 18. Lugar y fecha de las evaluaciones de usabilidad – usuario final.**

Usuario	Lugar de la evaluación	Fecha Evaluación
Participante II	Escuela Santa Lucía	12 Enero
Participante III	Domicilio particular	6 Marzo
Participante IV	Liceo Lastarria	16 Marzo
Participante V	Escuela Arturo Alessandri Palma D-20	19 Marzo
Participante I	Escuela Santa Lucía	19 Marzo

<sup>1</sup> Para mayor información sobre los usuarios participantes véase Tabla 1.

<sup>2</sup> Para más información sobre los colegios participantes, véase el Anexo D.

El material utilizado en la evaluación consistió en maquetas (para la etapa de apresto), un Pocket PC con el software EMO instalado, un par de parlantes y las pautas de evaluación. Todas las evaluaciones duraron aproximadamente una hora (destinando 20 minutos de apresto, 30 minutos de interacción con el software, 10 minutos de evaluación). Todas las evaluaciones contaron con al menos un facilitador y un observador.

### 8.3.2 Muestra

La muestra consistió en cinco niños de edades entre 8 y 11 años, tres mujeres, dos varones. Dos de ellos pertenecían a una escuela segregada<sup>1</sup> (5° Básico), mientras que el resto pertenecía a escuelas integradas (3°, 4° y 6° Básico), bajo la misma exigencia que sus compañeros videntes. De todos los usuarios participantes sólo uno tenía resto visual (no funcional). Por otro lado, los usuarios no presentaban ningún déficit agregado a su discapacidad visual.

### 8.3.3 Evaluación

El objetivo particular de esta evaluación fue comprobar si los usuarios eran capaces de interactuar con un dispositivo Pocket PC, utilizando un software de interfaces basadas en sonido. Se esperaba que los usuarios fueran capaces primero de reconocer los medios de interacción tanto de entrada como salida (botones, pantalla y parlantes). En forma exploratoria además se esperaba que los usuarios comprendieran la metáfora embebida en el software, es decir, que estaban navegando un entorno virtual que era una representación de un colegio.

#### a) Descripción de la prueba

La evaluación consistió en una sesión de apresto, con la cual se esperaba que el usuario pudiera comprender la metáfora de navegación que utiliza el software (vista superior, o perspectiva aérea), para luego utilizar una primera versión del software. Este prototipo contaba con los menús principales (Figura 40-A) y el mapa de las escuelas “Santa Lucía” y “La Maisonnette” (Figura 40-B).

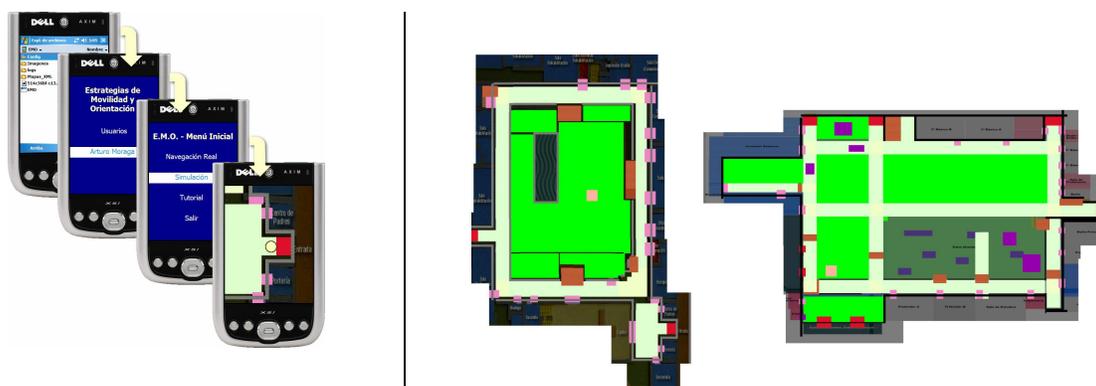


Figura 40. (A) Principales interfaces de menús, y (B) Ambientes virtuales evaluados.

<sup>1</sup> Es decir, aquellas escuelas en donde sólo asisten alumnos con alguna discapacidad.

La interfaz de inicio comprendía dos menús secuenciales. En el primero, el usuario debía seleccionar su nombre del listado de usuarios existentes en el sistema, moviendo el joystick verticalmente, y decidiendo con el segundo botón (de izquierda a derecha). A continuación debía escoger la alternativa “Simulación”, interactuando de la misma manera (seleccionando las opciones con el joystick, y decidiendo con el segundo botón). Con esto, cada usuario comenzaba la navegación por el ambiente asignado.

#### b) Procedimiento

La sesión comenzó con una explicación oral del facilitador, en la cual se mencionó de que se trataría el trabajo y los materiales a utilizar.



Figura 41. Usuarios participando en la sesión de apresto.

Para el apresto, se comenzó por presentar una maqueta con la representación de un sector de la escuela Santa Lucía, la cual fue recorrida por los usuarios de manera táctil (Figura 41). Los usuarios recorrieron con sus manos la maqueta, de forma general, con el fin de verificar si ellos eran capaces de detectar las diferentes texturas y elementos presentes en ella –riel, paredes, escaleras, y similares (Figura 42).

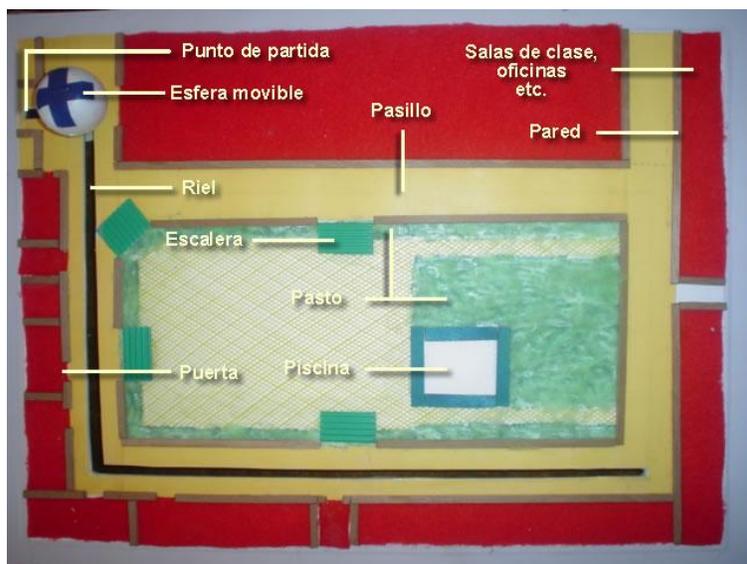


Figura 42. Maqueta creada con la representación del patio de la escuela Santa Lucía.

Finalmente los niños utilizaron la esfera movable desplazándola por el riel, mientras el facilitador indicaba y preguntaba por los lugares que iban visitando (salas, baños) y su función. Durante la ejecución del recorrido táctil se realizaron una serie de preguntas de orientación sobre el entorno que era recorrido.

Luego del recorrido táctil utilizando la maqueta, se presentó el dispositivo Pocket PC a los usuarios. Ellos debieron identificar los elementos a utilizar –el joystick, los botones y la pantalla (Figura 43). Una vez que se familiarizaron con los elementos, se comenzó con la interacción. Para facilitar la observación de la interacción, el dispositivo se encontraba conectado por su salida de audio a un parlante, de manera que tanto el facilitador como el observador pudieran oír lo mismo que el usuario.



**Figura 43. Usuarios interactuando con el dispositivo Pocket PC.**

Las únicas tareas predefinidas exigidas a los usuarios al comienzo de la interacción tuvieron que ver con comprobar si eran capaces de comprender las funcionalidades disponibles en el software. Una vez que la funcionalidad de cada botón fue explicada en forma verbal, el usuario comenzó a interactuar libremente con el software, utilizando las funcionalidades disponibles (desplazamiento, descripción contextual, descripción general y ST). Para motivar la navegación por el entorno virtual, al usuario se le dieron instrucciones del estilo “¿Crees que puedes llegar a la sala de computación?” o “Intenta llegar a tu sala de clases”, por mencionar algunos ejemplos. Mientras el usuario interactuaba, el observador llevó registro de todos los problemas explícitos e implícitos detectados sobre la interacción con el software.

Luego de aproximadamente 30 minutos de interacción, los usuarios procedieron a contestar el cuestionario de evaluación<sup>1</sup> (lo que fue registrado por medio de una grabadora de audio y de forma escrita). Posteriormente se realizó una discusión entre el observador y los facilitadores sobre los principales problemas y oportunidades apreciados durante la interacción.

### **c) Resultados**

Si bien la muestra utilizada para esta evaluación fue reducida, los diferentes contextos y antecedentes (escuelas, experiencia con software, habilidades de M&O) de los usuarios permitieron detectar diversos problemas de usabilidad (reales y potenciales), así como

---

<sup>1</sup> Véase Anexo A.1, Pauta de evaluación de Usabilidad de Software para Niños Ciegos - Evaluación de usuarios finales.

también medir el nivel de comprensión sobre el objetivo del software, la representación embebida y las maneras de navegar e interactuar con ella.

Gracias a la observación durante la etapa de apresto, fue posible verificar que si bien uno de los usuarios fue capaz de reconocer ciertos lugares y elementos (ya que conocía el ambiente representado), tuvo diversos problemas para indicar hacia donde dirigían ciertos pasillos, o las salas a las que comunicaban las puertas. Es decir, pese a que este usuario estaba altamente familiarizado con el ambiente real representado, no fue capaz de recordar toda la configuración de éste. Esto también quedó en evidencia cuando se le hicieron preguntas abstractas o de inferencia espacial, pues no fue capaz de responderlas. Durante el apresto también fue posible detectar, entre otros, que la piscina era un punto de referencia importante, ya que a través de éste los usuarios eran capaces de reconocer cuando se encontraban en el patio. También quedó en evidencia que para la descripción y nombre de las salas no se utilizaba el mismo lenguaje que el utilizado comúnmente por algunos de los usuarios que conocían el ambiente real, ya que ellos se referían a las salas por las personas que trabajaban en ellas (por ejemplo, “*la sala de la señora Gómez*”). Algunos participantes demostraron dificultades a la hora de recorrer la maqueta táctilmente, algunos evidenciando falencias al momento de rastrear con sus manos la representación –pasando por alto elementos, o no discriminando diferentes texturas, por ejemplo.

Un error de diseño detectado gracias a la observación de la interacción de los usuarios fue que algunos elementos se encontraban erróneamente modelados en el entorno virtual. Esto producía que algunos elementos no fueran detectados por los usuarios al interactuar con el ambiente virtual. Por ejemplo, existía una situación (Figura 44–A) en la cual pese a que el usuario parece (y debería) estar sobre una escalera (indicada de color café en la figura), para efectos del software, el usuario se encontraba sobre el patio (el cuadro verde en la figura). Esto permitió detectar el error de que el elemento patio, correspondiente a una entidad “Sitio Común” se encontraba por sobre la escalera de acuerdo al eje z de capas, lo que debió ser corregido en los algoritmos de renderización. Si bien esto era transparente para el usuario, si importaba en términos de la modelación del espacio real.

Otro error de diseño detectado gracias a la observación es que algunos elementos del mismo tipo debían poseer una distancia mínima de separación entre ellos para poder ser detectados por el usuario. Esta necesidad surge ya que hay situaciones (Figura 44–B y Figura 44–C) en las que el usuario se encuentra navegando y pasa “cuánticamente”<sup>1</sup> de estar en contacto con un elemento (y por lo tanto recibiendo un cierto *feedback*) a estar en contacto con otro. Pero cuando este último es además un elemento de la misma entidad (como dos puertas en el caso de la Figura 44–B), se emite el mismo *feedback* en ambos casos, por lo que el usuario tiende a pensar que se encuentra aún sobre el mismo elemento. Al contar con una distancia de separación mínima sobre elementos que son del mismo tipo, y que aseguren un estado intermedio al pasar de uno al otro (con el consecuente cambio de *feedback*) esto fue solucionado. El exigir una cierta distancia no afecta en absoluto la representatividad del entorno virtual, y permite solucionar el problema mencionado.

---

<sup>1</sup> Es decir, sin un paso o estado intermedio.

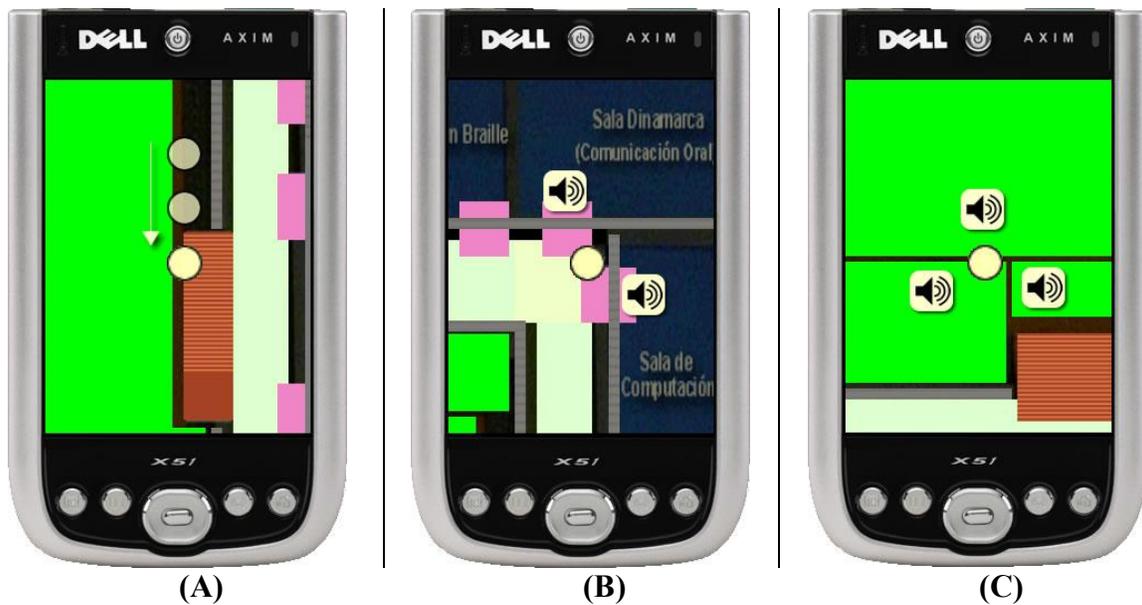


Figura 44. (A) Errores de diseño y (B, C) errores de modelamiento detectados en la observación.

Un tercer problema detectado fue el gatillar involuntariamente la funcionalidad de ST o la detención de los textos. Esto ocurrió en repetidas ocasiones producto de la falta de experiencia de los usuarios con un dispositivo Pocket PC. El SoundTracing era emitido cuando el usuario presionaba dos veces la pantalla en alguna dirección, lo que producía un problema, porque los usuarios tendían a tocar la pantalla de la Pocket PC mientras interactuaban (Figura 45). Ellos apoyaban sus dedos sobre la pantalla sin ninguna intencionalidad, potencialmente provocando que se detuviera un texto que estaba siendo reproducido o que se lanzara un ST, de forma completamente inesperada. En la discusión posterior a la evaluación se les preguntó a los usuarios si había sido fácil o no realizar el gesto con la mano para gatillar el ST, a lo que la mayoría respondió que sí, incluso indicando con claridad para qué era utilizado: *“para saber donde estaba...igual que con el primer botón...pero sin tener que moverme me decía si había una escalera o el pasillo...me decía las cosas que habían al frente...o en la dirección del gesto...Me gustaría en la vida real tener algo como un rayo que me dijera que cosa hay más adelante”*.

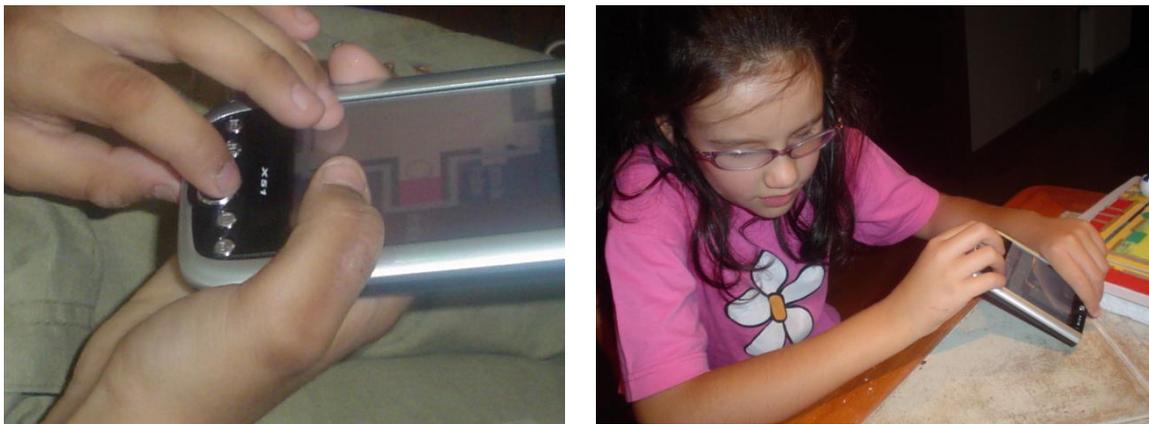
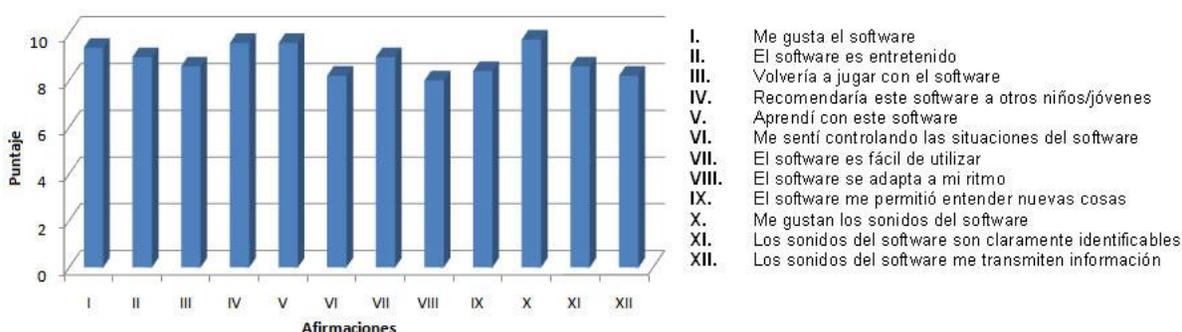


Figura 45. SoundTracing involuntario.

Los resultados de la evaluación de usabilidad (Figura 46) fueron muy prometedores. En promedio, se obtuvo una evaluación de 8,8 (de un total de 10), lo que es un resultado muy positivo y alentador. Los menores puntajes se obtuvieron en las afirmaciones “El software se adapta a mi ritmo”, y “Me sentí controlando las situaciones del software”, lo que revela que existe una cierta curva de aprendizaje y apropiación, pero considerando que dichos puntajes son de 8 y 8.2 puntos respectivamente, es posible concluir que se obtuvo una favorable apreciación por parte de los usuarios. Algunas de las afirmaciones mejor evaluadas fueron “Me gustan los sonidos del software” (9.8 puntos), “Aprendí con este software” (9.6 puntos), y “Me gusta el software” (9.4 puntos).

Esto permitió verificar que los usuarios son capaces de interactuar con el software EMO de manera independiente, demostrando que el dispositivo, las interfaces diseñadas, y el modelo de interacción son apropiados para usuarios con discapacidad visual.



**Figura 46. Resultados de la evaluación de Usabilidad.**

Aún así existen algunos detalles que podían ser mejorados, con el fin de ajustar aún más las interfaces a las necesidades de este grupo de usuarios. Al aplicar las preguntas abiertas se produjeron provechosas discusiones, que permitieron dilucidar una serie de problemáticas y oportunidades, de acuerdo a lo expresado por los mismos usuarios. Estas preguntas consideraron temas tanto de usabilidad de la interfaz como del dispositivo Pocket PC.

Frente a la pregunta “¿Qué te gustó del software?”, los usuarios respondieron que les había gustado el hecho de desplazarse por un entorno; “*El patio, cuando caminaba...cuando subí la escalera, cuando se me pasaba de largo*”. También un usuario fue más pragmático: “*Me gustó que pudiera orientarme y ayudarme...en el sentido de la orientación...o sea cuando lo tengan terminado...*”, haciendo alusión a que sabía que se trataba de un prototipo en desarrollo. Al consultarles que no les había gustado, un usuario hizo entrever el problema mencionado anteriormente sobre el ST, pues mencionó que no le había gustado que “*...es un poquito frágil...si uno toca la pantalla suena o se para... es complicado, suena al tiro...pero ni tanto tampoco.*”.

Con la pregunta “¿Que agregarías al software?”, sugirieron algunas ideas que fueron consideradas en el desarrollo. Una de ellas es contar con diferentes velocidades del texto hablado: “*por ejemplo que tenga 3 velocidades, una muy lenta, otra normal y otra rápida...si otros niños o personas adultas la prueban quizás les parezca muy lento o muy*

*rápida...yo la encontré bien... pero quizás a otras personas les parece muy lento...yo haría un botón que regule eso...”. Aun así ese usuario en particular señaló que las instrucciones tenían una velocidad apropiada para él. También mencionaron que les gustaría contar con más lugares para recorrer, o que faltaban algunos elementos como “la jaula de los pájaros”<sup>1</sup>, o el comedor de la escuela “Santa Lucía”. La última pregunta fue si se les ocurría otro uso para el software, es decir, si creían que podía servir para otra cosa. Algunas respuestas fueron: “para poder orientarme en lugares como la escuela”, “que sirva para anotar cosas, por ejemplo anotar números de teléfono...como si fuera una agenda...”.*

Luego de la ronda de preguntas se realizó una breve discusión con el fin de detectar problemas y oportunidades aún no detectadas en la evaluación. Algunos comentarios generales sobre el software fueron que este era “Interesante y bueno... Bueno para ayudar a orientarse”. Se les preguntó además que creían ellos que habían aprendido, a lo que uno de los usuarios respondió que aprendió “a ver el colegio, las partes...ver donde estoy parado”. Otro usuario dio una respuesta más motivadora aún: “Aprendí que existía una palmera<sup>2</sup> que antes no sabía que estaba...” o “Aprendí que hay un pasillo que no me sonaba muy conocido, el que va desde el comedor hasta la sala de segundo básico...no sabía que había un pasillo ahí”, comenzando a revelar el potencial de este tipo de herramientas.

Se les preguntó además por los sonidos utilizados, frente a lo cual respondieron, por ejemplo: “Me gustó que era distinto como sonaba cada cosa...en los pasillos el sonido era como caminando por tierra...y cuando uno camina por el patio no anda por tierra, así que sonaba distinto...”. Es decir, los usuarios reconocieron que existen diferentes sonidos asociados a diferentes elementos. Aún más, reconocieron que los sonidos entregaban información importante; “...además de la voz, yo sabía donde había una escalera o una puerta por el sonido...”. Un usuario sugirió modificar como las pistas de sonido eran reproducidas: “Es muy lento...cuando estaba caminando, suena muy lento...si uno lo va apretando debería sonar el sonido más rápido...”. Con esto el usuario se refirió a que si se presionaba el joystick para avanzar con repeticiones más rápidas, las pistas de sonido también deberían reflejar eso.

Sobre la utilización del dispositivo, ningún usuario presentó mayor problema en encontrar los botones, el joystick y la pantalla, pese a que sólo uno de ellos tenía una experiencia previa utilizando un Pocket PC. Un usuario novicio por ejemplo expresó: “Nunca había usado una...es fácil usar los botones y la pantalla... después de que uno se acostumbra, ya no es tan complicado...es primera vez que lo uso, pero después de usarlo mas debería ser más fácil...”, o “...al principio me parecía pesada, pero ya me acostumbré”. A los niños en general les llamó mucho la atención utilizar un dispositivo como el Pocket PC, incluso hicieron preguntas como que pasaba si se les caía, o cómo se había hecho el software, etc. Uno de los usuarios incluso manifestó su preocupación en relación con los procesos de actualización del software, preguntando “¿Qué pasa si en mi colegio hacen un cambio, si sacan la palmera y ponen un banco? ¿O si una pared la sacan?

---

<sup>1</sup> Punto de referencia del colegio “La Maisonnette” que no estaba incluido aún en ese prototipo.

<sup>2</sup> Que en el software se presenta como uno de los puntos de referencia del ambiente “La Maisonnette”.

*Yo voy a llevar esta cuestión al colegio...y me va a decir ‘acá hay una pared’ ¿y yo voy a tocar y no va a haber nada?...”.*

Algunos comentarios adicionales muy motivadores fueron los siguientes:

- *“...es primera vez que juego con el software...y me gustó...era entretenido...como que daban ganas de usarlo...”*
- *“...yo encuentro que eso es súper entretenido y además que ayuda a la gente...para no andar preguntando...porque si no, uno toda la vida tiene que andar preguntando ¿Dónde queda esto?”.*

#### **d) Conclusiones de la evaluación**

Las interfaces del prototipo evaluado son adecuadas para ser utilizadas por usuarios ciegos. El apresto utilizado es altamente apropiado pues permite que los niños creen de manera más rápida las estructuras mentales que les permiten comprender los modelos de navegación e interacción, en particular el hecho de que ellos se desplazan en el software en segmentos de línea recta, desde una perspectiva “desde arriba”. Es decir, presentar el modelo de navegación utilizando material concreto como rieles y una esfera desplazable permitió que los usuarios entendieran rápidamente el modo de desplazamiento que tendrían dentro del software. Durante la interacción fue posible observar que los usuarios aprendieron y reconocieron fácilmente las pistas de sonido utilizadas en el software y su significado. Fueron capaces de comprender el modelo de interacción y la metáfora utilizada, y de reconocer e interactuar con elementos del ambiente (puertas, escaleras, pasillos).

Si bien se obtuvieron excelentes resultados en la evaluación de usabilidad por parte de los usuarios finales, las evaluaciones constituyeron una buena oportunidad de detectar problemas y oportunidades de mejorar el diseño, además de corregir errores de programación y modelación (Tabla N° 19).

**Tabla N° 19. Resumen de los principales problemas y oportunidades detectadas en la evaluación.**

<b>Problema / Oportunidad</b>	<b>Detalle</b>
Errores (Bugs)	Cortes en la reproducción del texto inicial (TSS). Error al salir de la aplicación.
Pistas de audio	El efecto de sonido asociado al ST debe ser acertado, para no ocluir al TTS. Corregir algunos efectos (volumen, saturaciones).
Contenido	Información redundante de algunos textos, por ejemplo: <i>“Te encuentras en la esquina norte...Esta es la esquina norte que comunica...”</i> . Mapas incompletos, faltan algunos elementos. Agregar una funcionalidad de búsqueda de lugares favoritos.
Modelo	Corregir la ubicación de los elementos del mismo tipo.
Interacción	Rediseñar la interacción para utilizar ST. El ST entrega demasiada información. Considerar el entregar pistas de audio que reflejen el ritmo con que se presiona el joystick.
Nueva funcionalidad	Regular la velocidad del TTS. La funcionalidad de descripción general no es utilizada.

Estos problemas consistieron desde simples errores de programación hasta la corrección de las pistas auditivas utilizadas. En cuanto al contenido, este fue mejorado de dos maneras; completando y corrigiendo los mapas embebidos en el software, de manera de incorporar todos los elementos relevantes del ambiente (en particular aquellos que el usuario esperaba

encontrar en su ambiente conocido), y sometiendo a revisión el contenido de las estructuras de la representación de los ambientes, labor que fue realizada con la ayuda de dos educadoras diferenciales especialistas en trastornos de la visión.

En una línea similar fue posible verificar que la funcionalidad “Descripción General” no era utilizada por los usuarios de manera recurrente, sólo la utilizaban al comenzar la interacción. La razón fue clara, pues esta función entregaba la información del sector en el cual el usuario se encontraba, la descripción del sector, y su ubicación cardinal calculada dinámicamente. El utilizar repetitivamente esta funcionalidad no entregaba mayor información a los usuarios, ya que si ellos no se desplazaban de manera significativa (pasando a otra zona cardinal, por ejemplo) la información parecía ser siempre la misma. Por estos motivos –sumado a uno de los resultados de la evaluación heurística, como se presenta en el siguiente capítulo– se reformuló esta funcionalidad, de manera de hacerla más útil para el usuario, lo que culminó en la creación de la funcionalidad de WaveTracing. De ésta forma, el usuario contó después con una funcionalidad que le permitía conocer información de **contexto**, que además de la posición cardinal y del sector en el que se encontraba en un cierto momento, informaba sobre todos los elementos inmediatos a su alrededor.

La evaluación permitió a los usuarios sugerir nuevas funcionalidades, como la idea de contar con alguna especie de listado de lugares favoritos (una especie de *marcador* de ubicaciones). Esto fue un incentivo adicional de incorporar una funcionalidad considerada al momento del diseño del software EMO, que consiste en que el usuario agregue y administre sus propios puntos de referencia al mapa, en forma dinámica, de manera de complementar la información que le es útil. La evaluación permitió verificar además la pertinencia del modelo utilizado para la representación del ambiente real, el que permitió corregir de manera simple un problema de usabilidad detectado a través de la modificación de los parámetros de las entidades problemáticas, sin perder con ello la representatividad.

Uno de los aportes importantes de la evaluación de usabilidad con usuarios finales fue revelar el problema de la interacción al momento de gatillar involuntariamente la funcionalidad de SoundTracing. Esto fue un problema completamente imprevisto, revelado únicamente gracias a la observación durante las evaluaciones de usabilidad, además de mostrar ser un problema frecuente. Muchos de los usuarios ciegos tocaban repetitivamente la pantalla, e incluso fue observado que la manera en que algunos de ellos tomaron el dispositivo Pocket PC era diferente a la esperada –mientras que para una persona vidente es importante no cubrir la pantalla, pues se pierde información, para una persona ciega la información en la pantalla es irrelevante.

Una primera solución intentada para este problema fue agregar una pista auditiva cuando se tocaba por primera vez la pantalla, de modo de entregar *feedback* de lo realizado por el usuario. Esto provocó más confusión en evaluaciones posteriores, porque el apoyarse aún podía gatillar el ST o cortar la información que estaba siendo transmitida, esta vez con un *feedback* auditivo. Luego de un mayor análisis (y también gracias a los resultados de la evaluación heurística) se verificó que el problema real podía dividirse en dos aspectos:

- El intervalo utilizado para distinguir el primer gesto del segundo era muy extenso.

- La longitud o extensión requerida para el gesto era muy pequeña.

En los dispositivos Pocket PC el solo hecho de presionar la pantalla con un dedo se considera como una serie de eventos enlazados; en particular presionar el mouse y arrastrarlo (esto no ocurre si se utiliza el puntero o *stylus*), de esta manera gatillando un ST. Por estas razones, la corrección realizada fue disminuir el intervalo requerido para realizar el segundo gesto (de 3 segundos a 1.5), y además exigir un mínimo de desplazamiento del dedo, mayor que el registrado al presionarlo. Se realizó una evaluación informal con 2 participantes de la evaluación heurística a los cuales se les pidió que realizaran el gesto de manera natural en diferentes direcciones, con el fin de verificar cuánto era en promedio la extensión del gesto realizado, así como también para evaluar la extensión de sus dedos sobre la pantalla, medidos en pixeles. La acción de presionar con un dedo sobre la pantalla fue medida en 10 pixeles en promedio, y además se obtuvo que, en general, siempre fue mayor la longitud del gesto en la dirección vertical que la horizontal (lo que de alguna manera era esperado, porque la pantalla es más larga que ancha). De esta manera, fue posible determinar además que un mínimo aceptable para la longitud del gesto era de al menos 80 pixeles. Estos parámetros fueron implementados como un filtro al momento de aceptar o rechazar un gesto, así eliminando la presión no intencionada de la pantalla con los dedos.

La funcionalidad de regular la velocidad del motor TTS no fue considerada por ahora, pues dado que en las evaluaciones de usabilidad la velocidad de la voz fue considerada como aceptable por parte de los usuarios finales, se infirió que, al menos en esta etapa, el impacto de una funcionalidad de esta naturaleza sería más bien bajo. Por las mismas razones (es decir, considerando impacto versus el costo de desarrollo) el contar con pistas de audio que reflejen el ritmo con el cual el usuario presiona el joystick fue postergado para una etapa futura.

## **8.4 Evaluación Heurística**

### **8.4.1 Escenario y Muestra**

De acuerdo a Nielsen [59], es recomendable utilizar más de un evaluador para la evaluación heurística, sugiriendo entre tres y cinco, dependiendo del proyecto. En el caso de esta investigación, luego de analizar el costo-beneficio por cada evaluador experto a participar (además de considerar el reducido número de expertos en usabilidad, en particular para interfaces basadas en sonido), se decidió por tres evaluadores expertos. Los evaluadores fueron 3 varones expertos en usabilidad e interacción, dos de ellos con edades entre 26 y 35 años, uno con edad entre 20 y 25. Dos de ellos poseen un título profesional, otro Licenciatura. Los tres expertos trabajaban con software para ciegos varios días a la semana.

La evaluación heurística fue realizada en forma individual por cada experto, debido a que al momento de esta evaluación sólo fue posible contar con una licencia para el motor TTS utilizado, por lo que sólo era posible desarrollar las pruebas en un sólo dispositivo Pocket PC. De esta manera, la evaluación fue realizada en forma secuencial por los expertos

en sesiones realizadas los días 29 y 30 de Enero, 2007, de aproximadamente 45 minutos de duración con cada evaluador.

## 8.4.2 Evaluación

### a) Descripción de la prueba

La evaluación consistió en la utilización del mismo prototipo evaluado por los usuarios finales, navegando la representación de la escuela “Santa Lucía”. Se les permitió además interactuar libremente con los menús y navegar de la manera que ellos así lo desearan.

### b) Procedimiento

La evaluación heurística comenzó con una introducción del software desarrollado, explicando el objetivo del mismo y el nivel de desarrollo al momento de la evaluación. A continuación cada evaluador procedió a interactuar con el software, seleccionando las diferentes opciones de los menús y navegando en forma independiente por el ambiente virtual, utilizando las funcionalidades disponibles al momento de la evaluación.

Luego de la interacción con el software, cada evaluador procedió a contestar las pautas de evaluación<sup>1</sup>. Finalmente se realizó una breve sesión de discusión con cada evaluador, con el fin de acoger opiniones y comentarios de los expertos acerca del software, así como también nuevas ideas y enfoques a considerar.

**Tabla N° 20. Validación de los resultados obtenidos en la evaluación Heurística.**

Heurística	Evaluación		Diferencia
	Global	Expandida	
I	3	3,66	0,66
II	3,66	3,53	0,13
III	3	3,44	0,44
IV	4,33	4,03	0,3
V	3,33	3	0,33
VI	3,66	3,79	0,12
VII	4,66	4,44	0,22
VIII	4,33	4,33	0
IX	2,5	2,5	0
X	3,66	3,77	0,11
XI	4,33	4,33	0
XII	3,66	3,66	0

En la evaluación heurística se valoraron doce principios heurísticos (Visibilidad del estado del sistema, Relación entre sistema y mundo real, Control del usuario y libertad, etc.), primero en forma expandida, es decir, cada principio (heurística) se evaluó en función de una serie de afirmaciones, y a continuación en forma global (un puntaje por cada heurística). El realizar esta evaluación desde dos aproximaciones permite posteriormente comparar ambos resultados, con el fin de validar la evaluación de los expertos. Esto se realiza

<sup>1</sup> Véase Anexo A.2, Pauta de evaluación de Usabilidad de Software para Niños Ciegos - Evaluación Heurística.

contrastando el valor obtenido como promedio en la evaluación detallada contra el valor obtenido en la evaluación global. En este estudio el valor absoluto de las diferencias en los puntajes obtenidos fue significativamente bajo en todas las heurísticas, de esta manera validando las evaluaciones realizadas por los expertos (Tabla N° 20).

### c) Resultados

Los resultados obtenidos en la evaluación heurística (Figura 47) fueron, al igual que en la evaluación de usuario final, altamente positivos. De un máximo de cinco puntos, la evaluación arrojó un valor de 3,67 puntos en promedio, resultado muy positivo considerando que la evaluación fue realizada por expertos en usabilidad, con un alto nivel de experiencia en el desarrollo de software para usuarios ciegos, por lo que fueron críticos y rigurosos al momento de evaluar las heurísticas. Los resultados más bajos tienen que ver con errores detectados por los evaluadores durante la interacción. Esto era una posibilidad anticipada, pues como se mencionó anteriormente, la evaluación fue realizada utilizando una versión prototipo del software, y por ende tenía errores que no habían sido detectados hasta ese momento. Las fortalezas detectadas en esta evaluación tiene relación con la consistencia que posee el diseño –minimalista y estético- y su apego a los estándares, además de un buen tratamiento del contenido (lo que es esencial al ser esta una herramienta destinada al aprendizaje). Todas las heurísticas fueron evaluadas con un puntaje por sobre la media, lo que reforzó la idea del correcto diseño e implementación de este software. La evaluación permitió descubrir algunas debilidades y corregirlas, pero al mismo tiempo permitió conocer diferentes puntos de vista y enfoques por parte de expertos, quienes anticiparon potenciales problemas y contribuyeron al desarrollo de nuevas funcionalidades y enfoques para resolverlos.

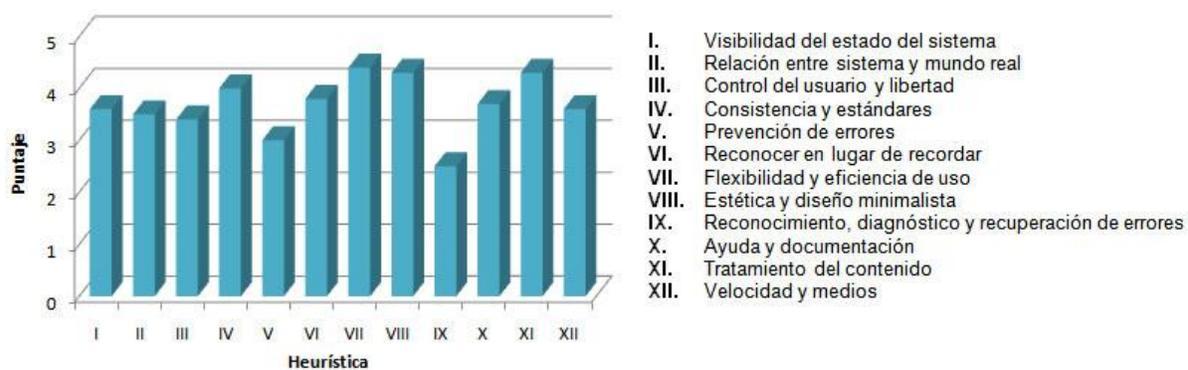


Figura 47. Resultados de la evaluación Heurística.

Una de las observaciones realizadas en la discusión posterior con los evaluadores fue la idea de poder contar con un mayor desarrollo de la visibilidad del sistema. Esto se refiere a la posibilidad de contar con descripciones sobre los objetos que se encuentran alrededor del usuario que permitan deducir en qué lugar se está. Fue sugerido incluso que esta información fuera entregada de manera automática (por ejemplo, luego de un cierto intervalo de tiempo o *timeout*), es decir, sin necesidad de realizar una acción de por medio. Esto permitiría proveer al usuario de un *awareness* contextual sobre el estado actual del software. Esta discusión concluyó en la decisión de crear una nueva funcionalidad, el WaveTracing, que permite conocer el contexto en el cual el usuario se encuentra, en base a

los elementos cercanos que posee. Se optó por que esta acción fuera gatillada siempre por el usuario, en forma independiente, de manera de brindarle al usuario el control de la aplicación en todo momento.

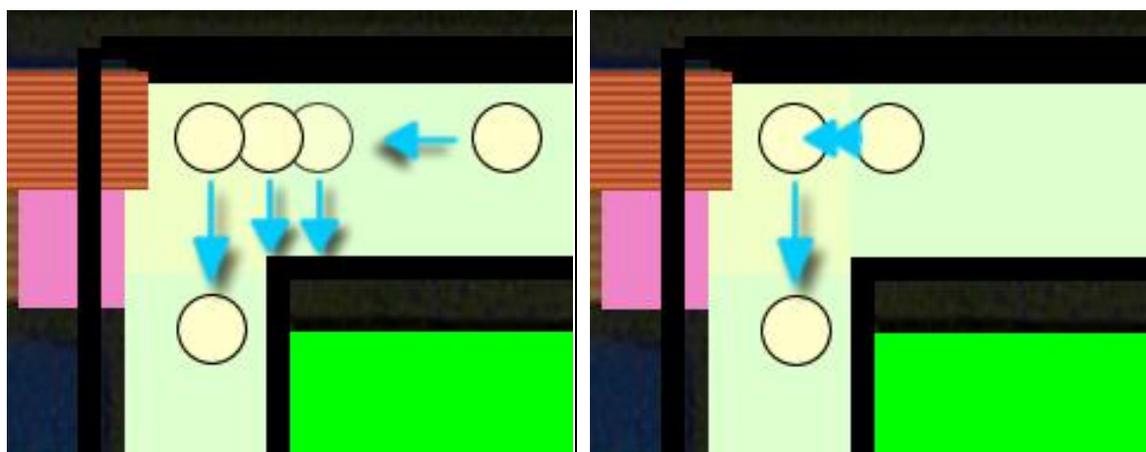
También fue discutida la utilización de un lenguaje más claro para los usuarios finales, en particular la utilización de puntos cardinales –principalmente utilizados para nombrar algunos elementos del entorno, como “*pasillo suroeste*” o “*puerta este*”– porque si bien esto incentiva el aprendizaje de ubicaciones cardinales, podría ser una fuente de confusión para los niños. Esto fue analizado posteriormente en conjunto con las educadoras, lo que llevó a un rediseño del contenido.

Otra sugerencia realizada por un evaluador fue contar con información acerca de las distancias involucradas, de manera de evitar un posible mapeo desproporcionado por parte de los usuarios. Por ejemplo, incorporar distancias al SoundTracing podría ser útil, ya que si bien se indican elementos en una dirección, no se hace referencia de a cuánta distancia éstos se encuentran. Esta sugerencia fue considerada como trabajo futuro.

Otra discusión realizada tuvo que ver con si el niño sería capaz de prevenir errores durante la navegación. Por ejemplo, si al intentar desplazarse verticalmente presionara el joystick hacia la izquierda, no existe una indicación directa de la dirección hacia la que actualmente se encuentra desplazando, lo que podría provocar confusión. Este aspecto fue evaluado durante las sesiones con los usuarios finales, quienes demostraron ser capaces de reconocer las cuatro direcciones en el joystick del dispositivo Pocket PC, y navegaron siempre en la dirección deseada, ya que además de las propiedades físicas del joystick –que permite presionar inequívocamente la dirección deseada– ellos utilizaron toda la información y funcionalidades restantes proporcionadas por el software para orientarse constantemente.

Un comentario de uno de los evaluadores fue que para él, que utilizaba en forma regular un dispositivo Pocket PC, no lo convencía el hecho de no utilizar el botón central del joystick, pues en su modelo mental ésta era una pieza fundamental de la interfaz. El no utilizar ese botón tuvo como justificación que esto causaría muchos errores de interacción involuntaria, pues es muy poca la diferencia táctil entre el botón central del joystick y los mandos direccionales, que son a su vez las componentes de la interfaz mayormente utilizadas.

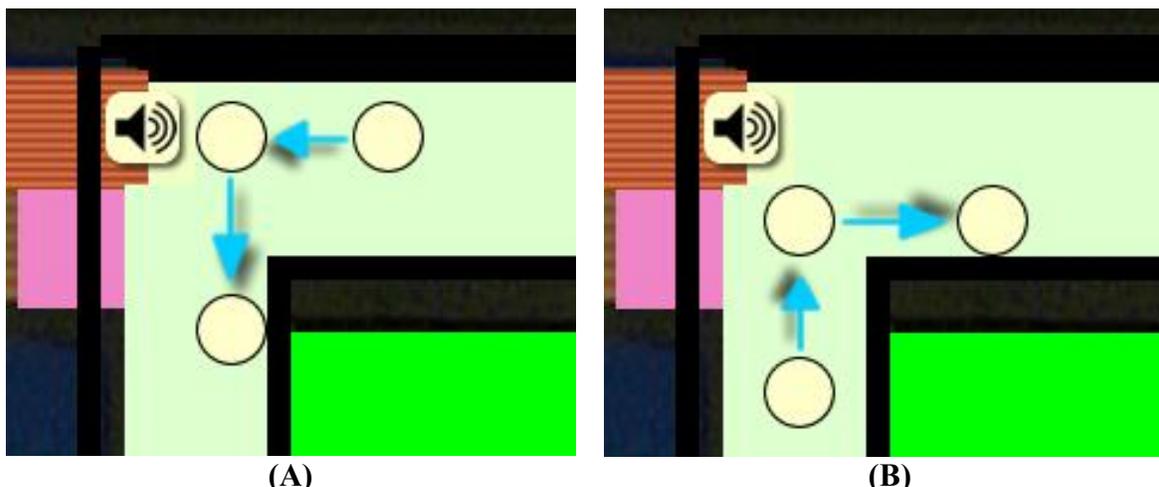
Un importante tema discutido en la evaluación tuvo que ver con un potencial problema de frustración que, con el esquema utilizado en ese momento, podía ocurrir. Por ejemplo, era posible que el usuario estuviera desplazándose hacia la izquierda, hasta que en un momento detectara una esquina (o intersección de pasillos), por lo que esperaría seguir por el pasillo vertical (Figura 48-A). El potencial problema que existe en este esquema es que el usuario puede intentar dirigirse hacia abajo apenas detecta la esquina, por lo que puede ocurrir que choque con la muralla antes de poder llegar al pasillo.



**Figura 48. (A) Potencial fuente de frustración, y (B) Una primera solución al problema de tomar otro pasillo utilizando pasos discretos hacia el centro del pasillo.**

Esto podría provocar frustración, pues al alcanzar una esquina, el usuario podría esperar seguir por el pasillo interceptado, pues toda la información le indica esa posibilidad. Frente a esto dos soluciones surgieron durante la discusión con el evaluador. La primera, era cambiar completamente el modelo de navegación, de manera de realizar una navegación por pasos discretos en vez de continuos. De ésta manera, al hacer colisión con un elemento, el elemento que representa al usuario (el círculo amarillo en la figura) pasaría de inmediato hacia el centro del elemento con el cual colisionó (Figura 48-B). Esto cambiaría completamente la manera de navegar, y aseguraría que al entrar en contacto con un elemento de este tipo el usuario se encuentre siempre en el centro del mismo.

Otro enfoque (el utilizado en este desarrollo) tuvo que ver con entregarle el trabajo a la etapa de modelación. Utilizando elementos escogidos de mejor manera (por ejemplo, reduciendo su tamaño) entonces es posible lograr el efecto de que si el usuario llega a una esquina, por ejemplo, entonces se tiene garantizado de que podrá desplazarse en el otro sentido sin colisiones intermedias (Figura 49-A y Figura 49-B).



**Figura 49. Solución al problema de tomar otro pasillo a través de la modelación.**

Finalmente, una de las evaluaciones negativas planteadas por un evaluador tuvo que ver con la calidad de algunos sonidos utilizados, y los desniveles en algunos volúmenes. Todo esto fue considerado y corregido en las versiones posteriores del software.

## **8.5 Evaluación de Facilitadores**

### **8.5.1 Escenario y Muestra**

En la evaluación de facilitadores participaron dos educadoras diferenciales, especialistas en trastornos de la visión, con edades entre 30 y 35 años, y quienes participaron como facilitadoras en las sesiones de evaluación con los usuarios finales. Las educadoras evaluaron el software EMO poniéndose ellas en el rol de usuarios finales, y evaluando una serie de afirmaciones con puntajes desde 1 (muy en desacuerdo) a 10 (muy de acuerdo).

La evaluación fue realizada en forma individual y secuencial por cada facilitadora, por los motivos de licenciamiento del motor TTS antes mencionado, en una sesión el día 10 de Marzo, 2007, de aproximadamente 45 minutos con cada facilitadora.

### **8.5.2 Evaluación**

#### **a) Descripción de la prueba**

La evaluación consistió en la utilización del mismo prototipo evaluado por los usuarios finales, navegando la representación de la escuela “Santa Lucía”. Se les permitió además interactuar libremente con los menús y navegar de la manera que ellas desearan.

#### **b) Procedimiento**

La sesión comenzó con una introducción de la evaluación, explicando el objetivo de la misma. A continuación cada facilitadora procedió a interactuar con el software, seleccionando las diferentes opciones de los menús y navegando en forma independiente por el ambiente virtual, utilizando las funcionalidades disponibles al momento de la evaluación.

Luego de la interacción con el software, cada facilitadora contestó la pauta de evaluación de facilitadores<sup>1</sup>. Finalmente se realizó una breve sesión de discusión con ambas facilitadoras, con el fin de acoger opiniones y comentarios, así como también nuevas ideas y enfoques a considerar.

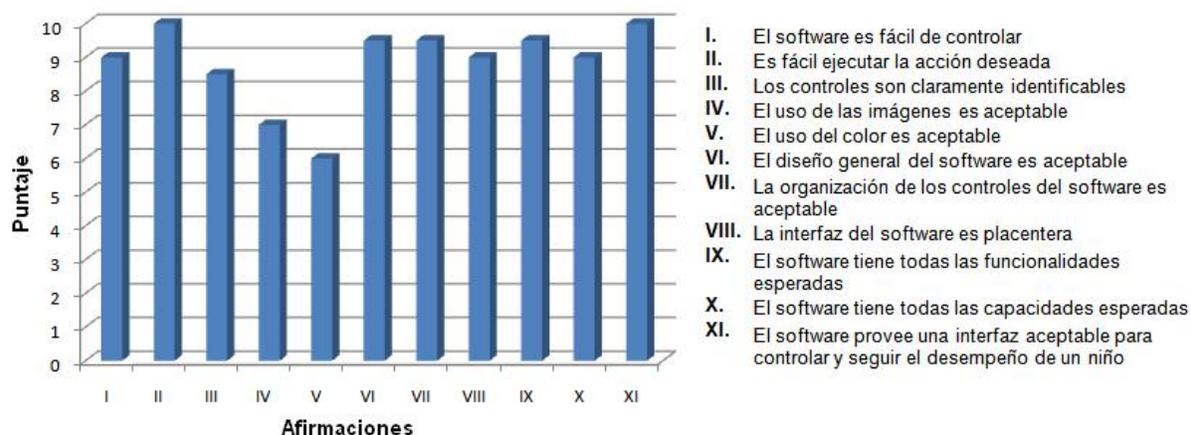
#### **c) Resultados**

Los resultados obtenidos en la evaluación de facilitadores (Figura 50) fueron, al igual que en las evaluaciones anteriores, muy favorables. En promedio, las facilitadoras evaluaron el software EMO con un puntaje de 8.8 de un total de 10. En cuanto a la interacción, las facilitadoras evaluaron con el puntaje máximo la afirmación sobre si el software tenía una interfaz aceptable para un niño, consecuencia tanto de la propia interacción de las

---

<sup>1</sup> Véase Anexo A.3, Pauta de evaluación de Usabilidad de Software para Niños Ciegos - Evaluación de Facilitadores.

facilitadoras como de lo que ellas percibieron en todas las evaluaciones con los usuarios finales en las cuales participaron.



**Figura 50. Resultados de la evaluación de facilitadores.**

Para las facilitadoras fue muy sencillo realizar las diferentes acciones embebidas en el software, donde la organización de los controles fue evaluada como clara y visible.

La principal debilidad del software para las facilitadoras tuvo que ver con el uso de imágenes y color en la interfaz, proponiendo utilizar colores de tonos más contrastantes, por ejemplo. Esto era de cierto modo esperado, pues todo el diseño de la interfaz se encuentra presente en la parte auditiva, los gráficos utilizados eran sencillos, y no se investigó mayormente en las diferentes alternativas de colores e imágenes, pues el usuario objetivo de este software son niños con discapacidad visual no funcional.

Uno de las facilitadoras expresó que tal vez los botones del dispositivo Pocket PC no fueran tan fáciles de identificar táctilmente, pues para ella no había mucha diferencia entre el panel y la hendidura. Si bien esto podría ser cierto, las evaluaciones con usuarios finales comprobaron que los usuarios ciegos eran capaces de reconocer fácil y rápidamente los diferentes elementos físicos de la interfaz.

Las facilitadoras mencionaron también la necesidad de realizar una revisión del contenido, principalmente para utilizar conceptos estándares en la educación de M&O (por ejemplo, utilizar el concepto “cruce” en vez de “esquina” para la intersección de dos o más pasillos), así como también dar indicaciones de ubicación utilizando los elementos alrededor del usuario en vez de simples coordenadas cardinales. Todas las estructuras con la representación de los ambientes fueron revisadas posteriormente por las educadoras, con el fin de corregir estos aspectos.

Otro comentario surgido en esta evaluación tuvo que ver con entregar información acerca de las funcionalidades (en especial el uso de los distintos botones y del ST). Para esto, se creó posteriormente el ambiente con el tutorial, el que tiene embebidas diferentes

lecciones sobre las funcionalidades del software EMO –cómo crear un punto de referencia, como utilizar el ST, entre otros.

Las facilitadoras destacaron los sonidos utilizados, describiéndolos como adecuados y portadores de mucha información, aunque sugirieron además considerar las diferencias perceptuales y conceptuales entre aquellos potenciales usuarios con remanente visual y aquellos completamente ciegos, reflejando estas diferencias en la interfaz de manera explícita.

**IX**

**EVALUACIÓN COGNITIVA**

# Evaluación Cognitiva

## 9.1 Preliminares

El objetivo de esta investigación fue desarrollar la Movilidad y Orientación de niños ciegos en la escuela, a través de la utilización de dispositivos móviles, considerando principalmente los problemas que actualmente tienen los niños con discapacidad visual en su desplazamiento y en el acceso a la información. Se esperaba en el caso ideal que después de la utilización del software EMO la persona ciega lograra movilizarse de una manera más segura por el entorno considerado, en forma independiente, utilizando técnicas apropiadas de desplazamiento, que fuera capaz de orientarse correctamente, con confianza en sí misma, y ejercitando al máximo los sentidos restantes.

De esta manera se intentó evaluar el impacto que tiene el software –utilizado en conjunto con tareas cognitivas– en los usuarios considerando las habilidades generales de M&O de los niños, la representación mental que ellos construyen de los ambientes reales, y las estrategias aplicadas durante el desplazamiento. Al no existir una pauta y metodología formal para la evaluación de un software de M&O fue necesario diseñar y construir una íntegramente, utilizando como punto de partida una evaluación inicial de las habilidades de M&O puras, las características del proceso de exploración, las estrategias utilizadas, y las habilidades de M&O observadas.

Se esperaba realizar la evaluación cognitiva en al menos dos escenarios diferentes; un ambiente conocido (la escuela de cada participante) y uno desconocido, realizando una navegación (desplazamiento) efectiva en estos entornos reales. Además se deseaba comparar el desempeño individual alcanzado por cada aprendiz en sus desplazamientos por ambientes conocido y desconocido, antes y después del uso del software EMO. Los resultados provendrían de diferentes fuentes de información; observación, aplicación de pautas y análisis cuantitativos y cualitativos de los datos recopilados.

El desafío consistió entonces en determinar qué era adecuado medir (alineando la escasa literatura al respecto con los objetivos de la investigación), cómo medirlo (definiendo métricas) y de qué manera realizar todo el proceso (diseño del experimento).

## 9.2 Estrategias de M&O analizadas - ¿Qué evaluar?

Uno de los puntos más complejos enfrentados en esta investigación tuvo que ver con qué tipo de estrategias de M&O intentar enseñar a través de la utilización de dispositivos móviles, y de qué manera presentar la información necesaria para esto. Esto fue complejo principalmente debido a la falta de especialistas en este tema en Chile. Aun así la literatura al respecto –pese a ser bastante escasa– entregó algunas ideas sobre lo que podría apoyarse con el sistema propuesto.

Para esta evaluación se utilizaron como base las guías propuestas por Baldwin [5] para la enseñanza de M&O en niños ciegos. De acuerdo al autor, los aspectos más relevantes tienen relación con aprender a:

- **Establecer la posición inicial.** Significa alinear el cuerpo hacia la dirección más favorable para alcanzar un destino conocido.
- **Desarrollar la “imagen corporal”.** Esto es distinguir posiciones como adelante, atrás, alinear el cuerpo con puntos de referencia y realizar giros bien determinados.
- **Caminar en línea recta:** Los estudiantes deben ser capaces de mantener una dirección recta, y reconocer cuando han virado lateralmente. Esto incluye restablecer una dirección recta después de evitar un obstáculo.
- **Utilizar direcciones cardinales:** Luego de realizar chequeos de orientación, el estudiante debe comprender direcciones cardinales, y como varían al modificar su orientación.
- **Crear mapas mentales:** Los estudiantes deben comprender como crearlos, ya sea de un ambiente conocido, como no familiar (utilizando mapas táctiles o auditivos para la construcción). Esto incluye conocer rutas y puntos de referencia.

Al momento de preparar un viaje, luego que el aprendiz ha establecido la posición inicial, es necesario que el aprendiz haga una revisión mental de la ruta a seguir:

- Puntos de referencia que serán visitados y en qué orden.
- Puntos de referencia que implican un cambio de dirección.
- Estimaciones de distancia entre cada segmento de ruta.

Los prerrequisitos para que los estudiantes puedan lograr un aprendizaje efectivo fueron:

- Comprensión de secuencias.
- Conocimiento del movimiento kinestésico (o memoria muscular).
- Capacidad de estimar distancias recorridas.

Por otro lado, de acuerdo a las grandes temáticas tratadas en [29], se consideró además que un software orientado a la M&O podría apoyar:

A nivel cognitivo:

- **Relaciones Espaciales:** Percibir las entre objetos (derecha-izquierda, adelante-atrás) y en relación con la persona.
- **Organización Espacial:** Capacidad de organizar los elementos del entorno espacialmente, de manera de poder construir un esquema mental de un ambiente específico.
- **Puntos de Referencia:** Elementos que utilizan posiciones permanentes, reconocibles y relacionados a lugares específicos.

A nivel sensorial:

- **Alinearse<sup>1</sup> con la fuente de sonido:** Determinar la dirección de una fuente de sonido continua y alinearse siguiendo esa dirección.

A nivel psicomotor:

- **Direccionalidad y Lateralidad:** Es la capacidad de reconocer una dirección determinada, orientar el cuerpo en esa dirección y mantenerlo durante un lapso de tiempo que permita seguir una ruta específica.
- **Tiempo de Acción y Reacción:** Tiempo que tarda el individuo en actuar ante estímulos del ambiente y en reaccionar frente a imprevistos.

De esta manera, los objetivos de la evaluación cognitiva de esta investigación se resumieron en:

#### **Objetivos generales:**

- Realizar una navegación (desplazamiento) efectiva en un ambiente real, tanto conocido como desconocido, utilizando el software EMO en el contexto escuela.
- Comparar el desempeño individual alcanzado por cada aprendiz en sus desplazamientos por ambientes conocidos y desconocidos, antes y después del uso del software EMO.

#### **Objetivos específicos:**

- Utilizar (aplicar) estrategias de exploración del entorno.
- Apreciar y describir detalles o características de un ambiente familiar y desconocido.
- Sortear obstáculos (resolver problemas) en un entorno dado a través de la interacción con el software EMO.
- Comparar la información del ambiente real, con la simulación que provee el dispositivo Pocket PC.
- Ubicar puntos de referencia en el ambiente real y agregarlos como información en el software.

Considerando estos objetivos, y utilizando apuntes del curso de M&O de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación [29] y las pautas de evaluación utilizadas en la escuela “Santa Lucía” fueron diseñadas íntegramente –en conjunto con educadoras especialistas en trastornos de la visión del Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento de la Universidad de Chile (C5)– las diferentes pautas utilizadas en la evaluación cognitiva, las que son descritas en los siguientes capítulos y que además se encuentran en el Anexo B, Pautas de Evaluación Cognitiva.

---

<sup>1</sup> Alinearse se refiere a “Ubicar el cuerpo en posición paralela a un elemento, proyectando una línea imaginaria hacia delante para comenzar a desplazarse” [29].

### 9.3 Estudio de Caso – ¿Cómo evaluar?

El estudio de caso es un método de investigación que permite enfatizar el análisis contextual detallado sobre un número limitado de eventos y condiciones. En lugar de utilizar amplias muestras y seguir un protocolo rígido para examinar un número limitado de variables, el método de estudio de caso involucra un análisis transversal y en profundidad de una sola instancia o evento –un caso [93]. El estudio de casos además posee la ventaja de no requerir un mínimo de casos o de seleccionar a los participantes de una muestra completamente aleatoria [96]. A pesar de que en esta investigación se analizaron múltiples casos, cada uno de ellos fue analizado de manera independiente, y en donde las conclusiones obtenidas en cada caso contribuyeron al estudio completo.

En su forma más básica, un estudio de casos es un experimento que consiste en la aplicación de un *tratamiento* o *estímulo* y la medición de una *variable*. Por ejemplo, si se está estudiando el uso de un software para mejorar la productividad de los usuarios, el tratamiento podría consistir en exponer a los usuarios al software estudiado, durante un cierto período de tiempo, y en donde la variable estudiada es la productividad de los usuarios, medida en forma cuantitativa y cualitativa, antes y después de la aplicación del experimento (por medio de pretest y posttest).

### 9.4 Instrumentos

#### 9.4.1 Muestra y Escenario

Por una limitante de tiempo y disponibilidad de los usuarios en este estudio se realizó una exploración piloto del impacto cognitivo del software en aspectos de movilidad y orientación, al desplazarse por entornos cerrados. No fue sencillo coordinar alumnos de diferentes colegios, y trabajar con ellos después del horario de clases, desplazándose a diferentes locaciones. También por los requerimientos exigidos a la muestra fue más difícil conseguir un mayor número de participantes. Los requerimientos iniciales eran niños o niñas:

- Pertenecientes al rango de cursos entre 3° y 6° básico,
- Sin el desarrollo de habilidades de bastón (o mínimas)
- Sin déficit adicionales significativo (cognitivos o a otros sentidos) aparte de la visión
- Con ceguera congénita (de nacimiento) o visión residual no-funcional
- Que desconocieran completamente uno de los entornos considerados

Para la evaluación cognitiva se escogió una muestra reducida del universo utilizado en la evaluación de usabilidad, la que fue compuesta por 2 aprendices (Tabla N° 21).

**Tabla N° 21. Datos de los usuarios participantes de la evaluación.**

Caso	Edad	Diagnóstico	Resto Visual	Curso
I	10 años	Deformación congénita, síndrome de Leber	Si	5° Básico
II	9	Hipoplasia del nervio óptico, microftalmia, coloboma de iris	No	4° Básico

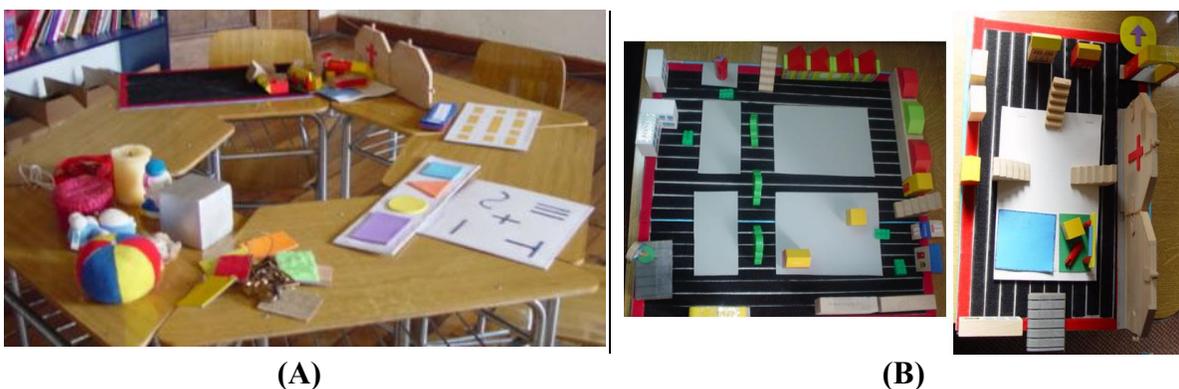
Toda la evaluación cognitiva tuvo una duración aproximada de un mes, la mayor parte de ella realizada en forma paralela por los dos participantes (Tabla N° 22).

**Tabla N° 22. Fechas y horarios de la evaluación.**

Caso	Fechas	Horario
I	30 de Marzo al 16 de Abril, 2007.	Después de la jornada escolar (16:00 – 18:00 hrs. Aprox.)
II	10 de Abril al 3 de Mayo, 2007	Después de la jornada escolar (16:00 – 17:30 hrs. Aprox.)

#### 9.4.2 Material concreto

El material concreto utilizado durante las actividades de la evaluación cognitiva consistió además del dispositivo Pocket PC con el software EMO, en diferentes muestrarios (Figura 51-A) –olfativo, táctil, de conceptos geométricos, entre otros– y objetos (de distintos tamaños y texturas), así como también en maquetas consistentes en un tablero de cartón duro con superficie de velcro, sobre la cual se montaban distintas piezas de madera –etiquetadas en Braille– que simbolizaron los distintos lugares o dependencias de cada escuela (Figura 51-B).



**Figura 51. Material concreto utilizado, (A) Muestrarios y objetos y (B) Maquetas.**

#### 9.4.3 El Diseño de Pretest-Posttest de un Grupo

De acuerdo a los diseños de experimentos propuestos por [9], en esta investigación se utilizó el diseño de pretest-posttest de un grupo, el que es especialmente adecuado cuando se intenta modificar un patrón de comportamiento que generalmente es estable (por ejemplo, el recorrido que utiliza una persona para desplazarse entre dos puntos diariamente).

En esta investigación, la variable dependiente medida fue la habilidad de M&O en los participantes, que fue descompuesta en tres sub-variables: habilidades de M&O puras, de representación del entorno, y habilidades de M&O prácticas<sup>1</sup>.

Por habilidades de M&O “puras” se entenderá aquellas destrezas de las personas como el desarrollo sensorial (percepción táctil, olfativa, kinestésica), aspectos cognitivos (manejo de conceptos geométricos, espaciales), así como también a habilidades del área afectiva (motivación, autoestima, seguridad), y conductas básicas (atención, concentración).

Por habilidades de representación del entorno se entenderá a la capacidad de la persona ciega de construir un modelo mental de un ambiente real, y de representarlo a través de la verbalización y la utilización de material concreto (como una maqueta). Algunas formas de cuantificar esta habilidad son la cantidad de elementos del ambiente que la persona ciega incluye en su descripción y la ubicación de éstos, entre otros.

Por habilidades de M&O “prácticas” se entenderán las destrezas observadas en la persona ciega al momento de desplazarse por el entorno, intentando cumplir ciertos recorridos. La manera de cuantificar estas habilidades son midiendo el cumplimiento de la ruta, el número de pausas realizadas y la capacidad de utilizar tramos alternativos, entre otros.

El diseño de pretest-postest de un grupo se resume en tres pasos (Figura 52):

- I. Administración de un pretest midiendo la variable dependiente (representado por el círculo izquierdo en la Figura 52).
- II. Aplicación del tratamiento experimental en los participantes (representado por la X en la Figura 52).
- III. Administración de un posttest midiendo la variable dependiente nuevamente (representado por el círculo derecho en la Figura 52).

**O X O**

**Figura 52. Diseño del experimento, donde O = Observación a través de pre o posttest de la variable dependiente, y X = Tratamiento experimental.**

Es decir, luego de definir la variable dependiente (el comportamiento que se quiere medir y observar) en forma cuantitativa y cualitativa, se define el procedimiento de cómo será medida (utilizando test, observación, etc.). A continuación se aplica el pretest, en donde se mide el desempeño del grupo estudiado en el estado actual, para luego someter a dicho grupo al tratamiento experimental. Finalmente se aplica el posttest al grupo, de manera de poder analizar posibles cambios en la variable dependiente examinada.

---

<sup>1</sup> Estos tres conceptos son propuestos por el autor de esta tesis, para efectos de simplificar la presentación de las habilidades evaluadas.

Por ejemplo, si se desea estudiar el impacto de un nuevo método de enseñanza a un grupo de alumnos, la variable dependiente podría ser el aprendizaje de los alumnos, el pre y posttest podría corresponder a pruebas escritas que los alumnos rinden antes y después del tratamiento experimental (la exposición al nuevo método de enseñanza).

De esta manera, como fue definido previamente, en esta investigación, la variable dependiente correspondió a las habilidades de Movilidad y Orientación de personas ciegas, la que fue medida de tres maneras (las denominadas habilidades puras, prácticas y de representación del entorno). Las habilidades puras fueron medidas por medio de una evaluación aplicada en dos ocasiones; al comienzo y al final del experimento completo. Las habilidades prácticas y de representación del entorno fueron evaluadas a través del pre y posttest. De esta manera se diseñaron los experimentos para cada caso de la muestra, considerando para uno de los casos la aplicación del tratamiento experimental en un ambiente familiar y en uno desconocido.

Para el caso I, el diseño consistió en la aplicación de los tres pasos antes mencionados en estos dos ambientes distintos, uno familiar (Figura 53) y uno desconocido (Figura 54). Se comenzó por realizar una evaluación inicial que midió las habilidades de M&O llamadas “puras”, en donde se midió cuatro áreas principales; el área del *desarrollo sensorial* (percepción auditiva, táctil, olfativa y kinestésica), el área *cognitiva* (conceptos geométricos, espaciales, ambientales y temporales), el área *afectiva*, y el área de *conductas básicas*<sup>1</sup>. De esta manera, fue posible medir los conocimientos previos y/o conductas de entrada de los aprendices.

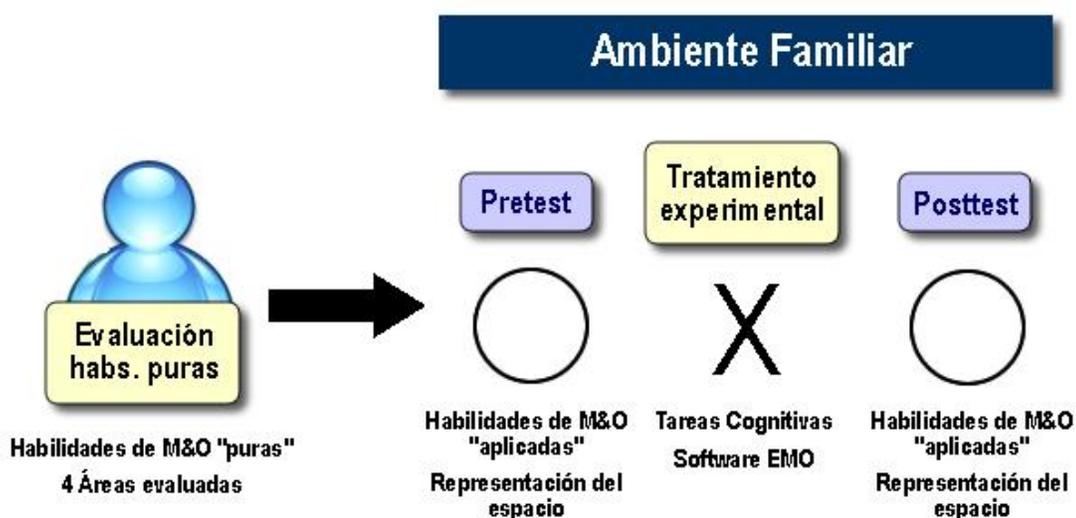
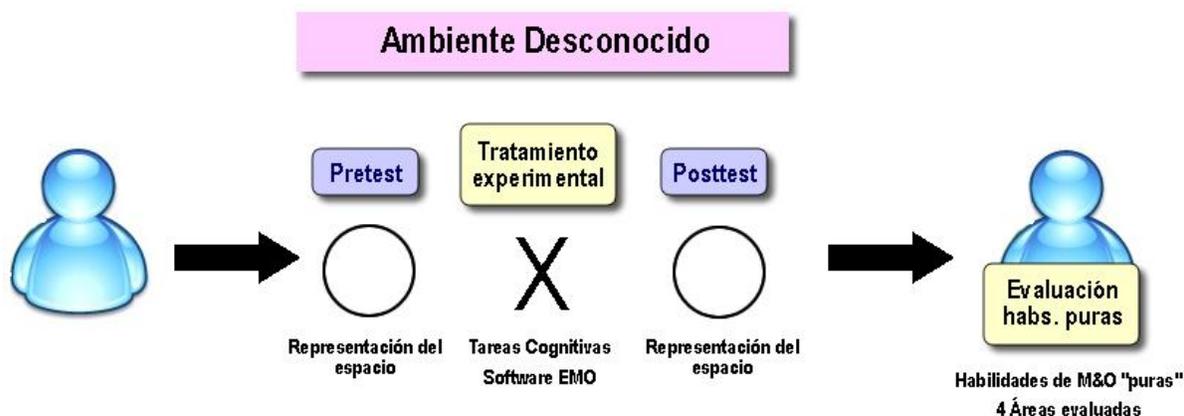


Figura 53. Diseño del experimento del caso I – Ambiente familiar.

Luego de la evaluación de las habilidades de M&O puras, se realizó la primera experimentación, en un ambiente familiar para el participante. El primer paso consistió en

<sup>1</sup> La evaluación de habilidades puras se encuentra en el Anexo B.1.

realizar un pretest<sup>1</sup>, en donde se midieron las habilidades de M&O “aplicadas”, es decir, destrezas observadas durante el desplazamiento por el entorno real, utilizando diferentes recorridos preestablecidos. En esta etapa se midió además las capacidades para representar el espacio del participante, a través de la reconstrucción del mismo utilizando material concreto (maquetas). El segundo paso de esta etapa consistió en el tratamiento experimental en sí, es decir, la utilización del software EMO y la aplicación de las tareas cognitivas diseñadas. El tercer paso consistió en aplicar nuevamente el test utilizado en la primera etapa.



**Figura 54. Diseño del experimento del caso I – Ambiente desconocido.**

Luego de la experimentación en el ambiente familiar, se procedió a realizar la segunda experimentación, esta vez en el ambiente desconocido. La única variante entre éste experimento y el primero es que, al tratarse de un ambiente desconocido, la única variable medida fue la representación del espacio después de un recorrido guiado (que es la alternativa que comúnmente utilizan las personas ciegas para conocer un ambiente). Al igual que en el primer experimento, se comenzó por realizar un pretest, en seguida se aplicó el tratamiento experimental, para finalmente realizar el posttest. Luego de la experimentación en el ambiente desconocido se procedió a aplicar la segunda evaluación de habilidades puras, de manera de medir incrementos/descensos en las habilidades de M&O consideradas.

Para el caso II, el diseño original contemplaba las mismas etapas y actividades que en el caso I, pero luego de las primeras sesiones, se decidió por realizar un cambio importante en el experimento a realizar. Ocurrió que el participante del caso II evidenció desde el primer momento muchísimas debilidades en M&O, pese a estar en el ambiente supuestamente conocido. Este participante sólo había recibido esporádicas lecciones formales de M&O, y poseía una pobre representación de su entorno. Por todos estos motivos se tomó la decisión de centrar el limitado tiempo disponible con este participante en el trabajo en su propio ambiente –su escuela– pues, pese a que con esto se limitó parte de la investigación (al no realizar el experimento en un ambiente desconocido) fue evidente que esto sería lo que realmente sería más útil para este participante, y lo que podría realmente influir en su calidad de vida.

<sup>1</sup> El test aplicado en el pretest y en el posttest fue el mismo, y se encuentra en el Anexo B.2.

De esta manera, el diseño del experimento para el caso II (Figura 55) consideró solamente el trabajo en el ambiente familiar, aumentando al triple el tratamiento experimental. Al igual que en el caso anterior, se comenzó por una evaluación inicial de habilidades puras, para luego realizar el pretest, el tratamiento experimental (que en este caso consideró tres tareas cognitivas), el posttest y culminar con la aplicación de la evaluación final de habilidades puras. Todos los experimentos fueron registrados a través de fotografías y grabaciones de video.

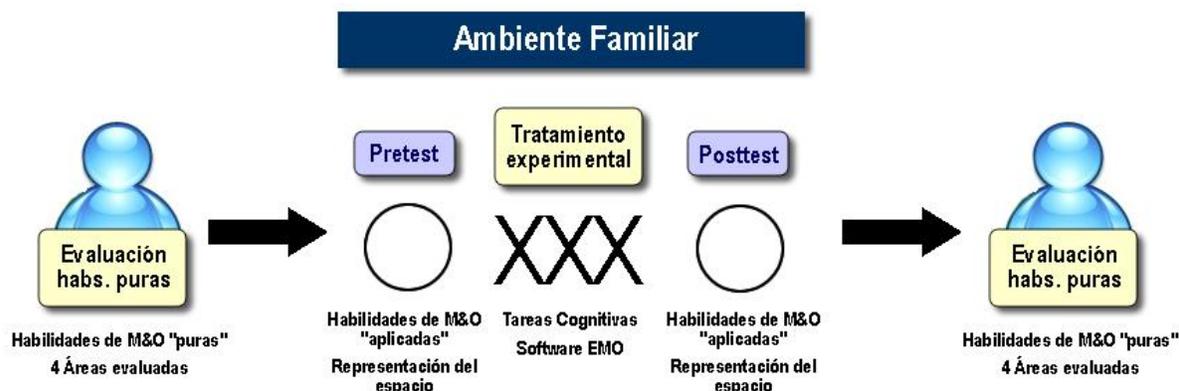


Figura 55. Diseño del experimento del caso II – Ambiente familiar.

#### 9.4.4 Tareas Cognitivas

Las tareas cognitivas corresponden a las actividades complementarias a la utilización del software realizadas durante la etapa del tratamiento experimental. Estas actividades fueron realizadas en los diferentes entornos estudiados en esta investigación.

Las tareas cognitivas fueron diseñadas por educadoras diferenciales especialistas en trastornos de la visión del Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento de la Universidad de Chile (C5), considerando los objetivos y los aspectos que se esperaba mejorar en los participantes. Además, estas tareas fueron validadas por una muestra diferente a la participante en el estudio de impacto cognitivo, de manera de asegurar que la evaluación indicaría precisamente el desempeño en las tareas cognitivas, controlando factores externos como problemas de interpretación (que podrían afectar los resultados debido a la falta de comprensión de la tarea, por ejemplo). De esta manera, todos los puntos que presentaron este tipo de problemas de interpretación fueron modificados en las pautas de evaluación. Por ejemplo, se observó que era necesario explicar lo que era un punto de referencia como actividad de apresto de la primera tarea cognitiva. De esta manera se contó con información más completa, explícita, y de una manera apropiada.

La intervención consistió en una tarea cognitiva<sup>1</sup> por cada ambiente de trabajo (escuela), en las que se trabajó de forma integrada entre recorridos dirigidos con y sin software a modo

<sup>1</sup> Para más información sobre las tareas cognitivas (contenidos, sector de aprendizaje, competencias cognitivas involucradas y roles de los participantes, entre otros), véase el Anexo C.

de complementar el uso e interacción de los aprendices con el mismo, y al mismo tiempo obtener datos cualitativos para el análisis del impacto del tratamiento experimental en la muestra.

### **Tarea 1: “Te presento mi escuela” – Ambiente Familiar.**

Esta tarea fue realizada durante el mes de Abril, 2007, en cuatro sesiones diferentes (Tabla N° 23).

**Tabla N° 23. Aplicación de la primera tarea cognitiva.**

Caso	Sesiones	Fecha
I	1	2 de Abril, 2007 17 de Abril, 2007
II	3	24 de Abril, 2007 26 de Abril, 2007

El objetivo general de esta tarea era recorrer el sector de la escuela representado en el software EMO, con y sin la ayuda del dispositivo móvil. Para esto, el usuario fue capaz de interactuar con el software y comparar la información dada por el software, con la obtenida en el ambiente real. Al mismo tiempo, los participantes describieron verbalmente cada recorrido, anticipando las zonas o dependencias por las que se transitará, con y sin la ayuda del software. Finalmente, los participantes identificaron puntos de referencia y resolvieron situaciones problemáticas referidas a cambios de recorridos para llegar a un lugar determinado.

La tarea 1 consistió en que —sin utilizar el dispositivo— cada aprendiz comenzó a realizar un recorrido por su escuela en tres segmentos de ruta predeterminados. Antes de empezar cada recorrido, los aprendices anticiparon y describieron verbalmente cada trayecto según lo que conocían y recordaban. Asimismo, indicaron aquellos puntos de referencia (táctiles, olfativos, auditivos) que utilizaron para llegar a su destino.

Posteriormente, cada aprendiz interactuó con el software por cerca de 20 minutos, reconociendo y recordando la interacción, y orientándose a través de este en un recorrido virtual por su colegio. A continuación, cada aprendiz realizó el recorrido por la escuela, anticipando y describiendo cada trayecto e indicando aquellos puntos de referencia utilizados.

Además se aumentó la demanda cognitiva pidiéndole a cada aprendiz que realizara los trayectos de regreso al punto inicial intentando rutas alternativas, y verbalizando todos los caminos posibles para llegar al destino final.

### **Tarea 2: “Descubriendo una nueva escuela” – Ambiente Desconocido.**

Esta tarea fue realizada durante el mes de Abril, 2007, en una sola sesión (Tabla N° 24).

**Tabla N° 24. Aplicación de la segunda tarea cognitiva.**

Caso	Sesiones	Fecha
I	1	11 de Abril, 2007

El objetivo general de esta tarea fue recorrer el sector de la escuela representado en el software EMO, con y sin la ayuda del dispositivo móvil. Para esto, el participante interactuó con el software y comparó la información obtenida a través de ésta con la percibida por sus sentidos remanentes. Además realizó recorridos y los describió verbalmente, identificando puntos de referencia y resolviendo problemas para llegar a los destinos deseados.

Esta tarea consistió en que —sin conocer mayormente el entorno— el aprendiz interactuó por aproximadamente 20 minutos con el software, realizando un recorrido virtual por el colegio. Posteriormente, utilizando el dispositivo, el aprendiz realizó un recorrido real por la escuela en tres etapas predeterminadas. Antes de empezar cada recorrido, los aprendices anticiparon y describieron verbalmente cada trayecto según lo que recordaban de su interacción con el software. Asimismo, indicaron aquellos nuevos puntos de referencia (táctiles, olfativos, auditivos) que podían utilizar para llegar a su destino.

Los instrumentos de evaluación<sup>1</sup> utilizadas en ambas tareas fueron escalas de apreciación especialmente elaboradas para obtener información relevante para la investigación.

#### 9.4.5 Procedimiento

El primer paso realizado en esta investigación fue contactar a los diferentes colegios para reunir a los participantes de la muestra. Esto no fue sencillo, porque se buscaba participantes con ceguera completa no funcional, que no presentaran deficiencias asociadas, y que estuvieran en el rango de 3° a 6° básico. Para esto, se contactaron a los diferentes colegios de Santiago que de acuerdo al Ministerio de Educación de Chile tenían proyectos de integración (no se encontró un listado que indicara específicamente proyectos de integración con ciegos). Luego de este primer filtro —que en algunos casos requirió la visita en terreno a los colegios candidatos de participar en la investigación— y de contar con la autorización de los apoderados y directores de los colegios seleccionados, se realizaron los experimentos.

En forma paralela, luego de diseñar las tareas cognitivas, éstas fueron validadas por una muestra de dos participantes (diferentes a los que participaron del estudio cognitivo), de manera de asegurar las actividades eran comprendidas por niños de un contexto similar a la muestra principal; alumnos de alrededor de 10 años, chilenos, con deficiencia visual (Tabla N° 25).

**Tabla N° 25. Participantes de la validación de las tareas cognitivas.**

Participante	Edad	Curso	Sesiones	Fecha
Caso A	9 años	4° Básico	1	27 de Marzo, 2007
Caso B	9 años	4° Básico	1	27 de Marzo, 2007

La validación consistió en simular diferentes actividades de las tareas cognitivas, evaluando el nivel de comprensión de cada actividad por parte de los participantes, de acuerdo a una escala de apreciación<sup>2</sup>. Se evaluó que cada participante entendiera qué se le estaba pidiendo —vocabulario, conceptos, y se reformularon aquellas en las que se

<sup>1</sup> La pauta de evaluación de las tareas cognitivas utilizada se encuentra en el Anexo B.3.

<sup>2</sup> La pauta de validación de las tareas cognitivas utilizada se encuentra en el Anexo B.4.

presentaron algunos problemas. Luego de que las tareas fueron validadas, se procedió con la experimentación.

La experimentación con el participante del caso I comenzó en la escuela “Santa Lucía”, en donde se explicó en qué consistiría la actividad. La evaluación inicial de habilidades puras comenzó con la exploración y utilización del material concreto contemplado en esta etapa –muestrarios de texturas, olores, objetos de distinto tamaño, material, y conceptos geométricos, entre otros (Figura 56).



**Figura 56. Actividades de la evaluación inicial de habilidades de M&O puras – material concreto.**

Luego de la exploración del material concreto se aplicó el pretest, en donde se realizaron los diferentes recorridos predeterminados –mientras se le pedía al participante realizar diferentes descripciones de las rutas recorridas, que identificara puntos de referencia, que estimara los tiempos requeridos en cada ruta. Además se realizaron las evaluaciones correspondientes a conceptos espaciales (adelante, sobre, cerca, etc.), y se concluyó el pretest con la evaluación de la representación del espacio por parte del participante, a través de la construcción de la maqueta (Figura 57).



**Figura 57. Actividades del pretest – ambiente familiar.**

Luego del pretest, se aplicaron las tareas cognitivas, en conjunto con la utilización del software EMO (Figura 58).



**Figura 58. Actividades del tratamiento experimental – utilización del software EMO y tareas cognitivas.**

La experimentación con el participante del caso I en la escuela “Santa Lucía”, concluyó con la aplicación del posttest, en donde se realizó la misma evaluación que en el pretest (Figura 59).



**Figura 59.**

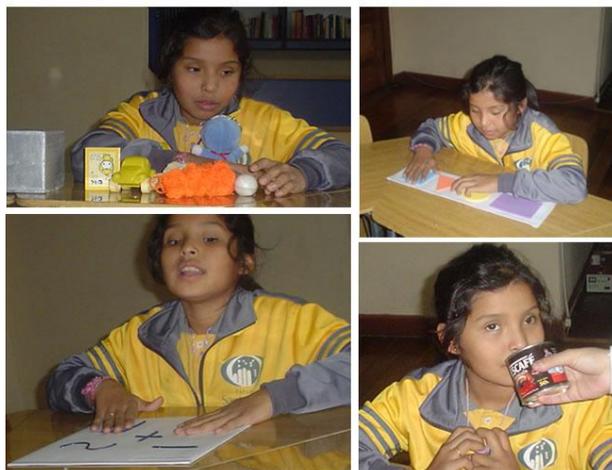
**Actividades del posttest – ambiente conocido.**

Luego de la experimentación en el ambiente familiar, se realizó la experimentación en el ambiente desconocido, en el colegio “El Carmen Teresiano”. La primera actividad realizada fue el pretest, en seguida se aplicó el tratamiento experimental, para finalmente realizar el posttest (Figura 60), que en ambos casos sólo consideró evaluaciones sobre la representación del ambiente por parte del participante.



**Figura 60. Actividades del experimento – ambiente desconocido.**

Luego de la experimentación en el ambiente desconocido se realizó la segunda evaluación de habilidades de M&O puras.



**Figura 61. Actividades de la segunda evaluación de habilidades puras.**

La experimentación con el participante del caso II comenzó en la escuela “La Maisonnette” con la evaluación inicial de habilidades de M&O puras, en donde se realizó la exploración y utilización del material concreto contemplado en esta etapa, para luego dar paso al pretest (Figura 62).



**Figura 62. Actividades de la evaluación inicial y del pretest.**

A continuación se realizó el tratamiento experimental, que para el caso II consideró tres tareas cognitivas, que fueron aplicadas en combinación con la utilización del software tanto dentro de la sala de clases, como simulando la utilización en línea, es decir, uno de los facilitadores actualizaba la posición del software manualmente durante el desplazamiento (Figura 63).



**Figura 63. Tareas cognitivas – ambiente familiar.**

Después de la aplicación de las tareas cognitivas, la experimentación con el participante del caso II culminó con las actividades del posttest y la segunda evaluación de habilidades de M&O puras (Figura 64).



Figura 64. Actividades del posttest y la segunda evaluación de habilidades puras.

## 9.5 Resultados de la evaluación cognitiva

### 9.5.1 Caso I – Evaluación de habilidades puras

La participante del caso I obtuvo un alto porcentaje de logro en ambas evaluaciones (sobre el 90%), lo que da una idea del alto nivel de desempeño que poseía este participante desde el primer momento. En un primer momento, debido a este elevado resultado de la primera evaluación (132 puntos de un total de 146), se esperaba que esto sería difícil de superar (en el sentido de que muchas veces es complejo mejorar algo que ya tiene un desempeño positivo). Pero al comparar las dos evaluaciones fue posible apreciar un notorio incremento en el desempeño de 9 puntos (alcanzando un total de 141 puntos de un total de 146), lo que se tradujo en un porcentaje de logro sobre el 96% en la segunda evaluación, y en un incremento en más de 6 puntos porcentuales al comparar ambas evaluaciones (Tabla N° 26).

Tabla N° 26. Resultados de la evaluación de habilidades puras – caso I.

Máximo	Eval. habs. puras I	% de logro	Eval. habs. puras II	% de logro	Puntos porcentuales
146	132	90,41%	141	96,57%	+6,16

Esto quiere decir que luego del tratamiento experimental en los dos ambientes (conocido y desconocido), el participante del caso I elevó su desempeño en las habilidades de M&O puras, mejorando su puntaje en las evaluaciones de desarrollo sensorial (percepción táctil, olfativa, kinestésica), en los aspectos cognitivos (manejo de conceptos geométricos y espaciales), así como también en las habilidades del área afectiva (motivación, autoestima, seguridad). En el área de conductas básicas (atención, concentración), el participante mantuvo su puntaje (Figura 65).

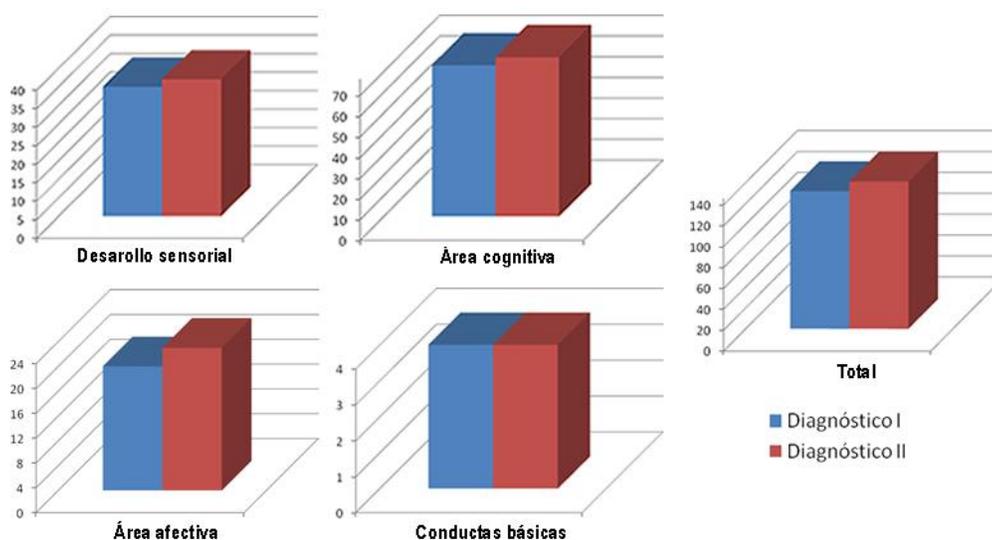


Figura 65. Resultados de la evaluación por área.

En cuanto al **Desarrollo Sensorial**, fue posible evaluar la *percepción auditiva* del aprendiz como muy satisfactorio, pues reconoció la presencia de sonidos en el ambiente, fue capaz de seguirlos, ubicar su procedencia e identificar la fuente del sonido. Asimismo, fue capaz de saber cuando un objeto caía, reconociendo e identificando dicho objeto. La *percepción táctil* fue evaluada como satisfactoria, pues –a través de la exploración directa– la participante reconoció la presencia de objetos en el ambiente y sus diferentes tamaños. Manipuló diversos objetos, nombrándolos y explorándolos correctamente. La mayoría de las veces identificó variadas texturas, aunque a veces utilizó un concepto erróneo. Al utilizar exploración indirecta, la participante reconoció con sus extremidades inferiores diversas superficies y fue capaz de diferenciarlas. La *percepción olfativa* también fue evaluada como satisfactoria, pues en exteriores el aprendiz fue capaz de detectar la presencia de diferentes olores en el ambiente, pero no siempre fue capaz de identificarlos o de relacionarlos con lugares, comidas, o situaciones, entre otros. En interiores identificó diversos aromas y fue capaz de discriminar si estos olores pertenecían a objetos, sustancias o alimentos. La *percepción kinestésica* fue evaluada como muy satisfactoria. Al considerar su coordinación dinámica en general, la participante no presentó mayores dificultades para caminar y desplazarse en línea recta. No requirió utilizar ayudas externas para mantener la línea recta al caminar, como muros, barandas, etc.

Al considerar el **Área Cognitiva**, la participante presentó un nivel satisfactorio de desempeño al tratar los *conceptos geométricos* –reconoció figuras geométricas básicas, así como las líneas recta, curva, vertical, horizontal, diagonal y paralela. Al considerar *conceptos espaciales*, se observó un nivel muy satisfactorio –la aprendiz reconoció conceptos básicos como: arriba, abajo, al lado, al frente, atrás, izquierda, derecha, sobre y entre, etc. Además conocía los cuatro puntos cardinales, y mayoritariamente se orientó a través de éstos. Un nivel muy satisfactorio fue observado también en los *conceptos ambientales*, pues el aprendiz fue capaz de reconocer a través de adivinanzas conceptos espaciales como: pasillo, escalera, esquina, kiosco, sala, patio, baño, rampa, pasamanos, punto de referencia y obstáculo. Finalmente, al considerar los *conceptos temporales*,

nuevamente fue observado un nivel muy satisfactorio –la participante fue capaz de relacionar a través de ejemplos concretos conceptos temporales, como: antes, después, lejos, cerca, horas, minutos, segundos.

El **Área Afectiva** fue evaluada como muy satisfactoria, pues se apreció una buena disposición y esfuerzo por parte de la participante en la ejecución de cada tarea, con una apropiada autoestima –al manifestarse capaz de realizar las tareas propuestas, y en donde mantuvo un estado anímico positivo durante la actividad. Fue capaz de desenvolverse mayoritariamente en forma autónoma en todas las actividades realizadas en el ambiente familiar y desconocido. Solicitaba información adicional solamente cuando lo requería, y solicitaba ayuda en la realización de una tarea sólo cuando consideraba que realmente la necesitaba, expresando siempre su parecer antes y después de cada actividad.

Sobre las **Conductas Básicas**, el aprendiz fue capaz de escuchar atentamente las instrucciones que se le daban y seguir las instrucciones de forma adecuada durante toda la evaluación.

### 9.5.2 Caso I – Experimentación en el ambiente familiar

La participante del caso I durante la experimentación en el ambiente familiar (Tabla N° 27) obtuvo 29 puntos (de un total de 39) en el pretest, al considerar el desempeño durante los recorridos realizados y en la representación del entorno, lo que constituyó un porcentaje de logro de alrededor del 74%. Al diseminar el pretest en las tareas referidas en las variables estudiadas, es posible observar que este participante presentó en su estado inicial un mejor desempeño en las habilidades de M&O prácticas (76,6% de logro), que en las habilidades de representación del entorno (66,6% de logro). Esto indicó que si bien este participante era capaz de cumplir las tareas cognitivas relacionadas a recorrer ciertas rutas y utilizar tramos alternativos (entre otros), era más débil al momento de representar con material concreto el espacio recorrido.

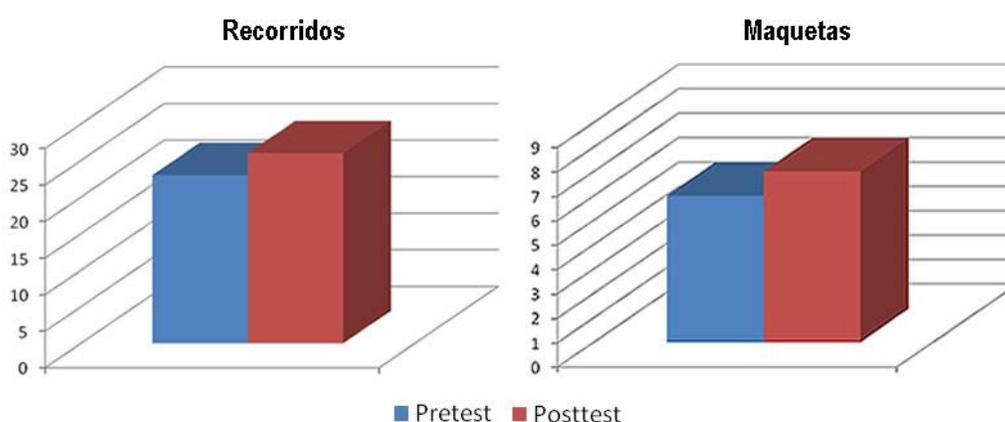
Tabla N° 27. Resultados de la experimentación en el ambiente familiar – caso I.

Evaluación	Máximo	Pretest	% de logro	Posttest	% de logro	Puntos porcentuales
Recorridos	30	23	76,66%	26	86,66%	+10
Representación espacial	9	6	66,66%	7	77,77%	+11
Total	39	29	74,35%	33	84,61%	+10,26

Al comparar los puntajes obtenidos en el pre y posttest por la participante del caso I dentro del ambiente familiar, se apreciaron incrementos en el desempeño. Al considerar el desempeño en ambas variables evaluadas (habilidades de M&O prácticas y de representación del espacio), fue posible verificar un aumento de 10 puntos porcentuales. En el caso de las habilidades de M&O prácticas, el participante aumentó su desempeño, lo que se tradujo en un porcentaje de logro final del 86%. Además, el tiempo total empleado para realizar los recorridos descendió de 82.5 segundos en el pretest a 78.5 en el posttest, disminuyendo incluso a la mitad el tiempo utilizado en uno de los recorridos. El desempeño en las habilidades de representación del entorno también aumentó en 11 puntos porcentuales, llegando a un porcentaje de logro del 77%.

Adicionalmente, en el posttest el participante fue capaz de mencionar rutas alternativas a un cierto recorrido realizado (lo que no había sido posible en el pretest), describiendo verbalmente cada ruta, y al mismo tiempo demostrando un tipo de marcha más segura, rápida y en línea recta. Además, el tiempo total empleado para realizar los recorridos descendió, empleando incluso la mitad del tiempo utilizado en uno de los recorridos en el posttest.

Si bien no hubo mayores incrementos en cuanto a la representación del espacio por parte de la participante (en términos del número de piezas utilizadas por el participante para reconstruir el entorno), si existió una mejora en términos de una ubicación de las piezas más correcta sobre la maqueta, demostrando que el participante poseía mejores estructuras mentales sobre las relaciones existentes entre los elementos que constituían el ambiente recorrido (Figura 66).



**Figura 66. Resultados de la experimentación en el ambiente familiar.**

En cuanto a las fortalezas apreciadas en el participante al desenvolverse en su ambiente familiar, éste reconoció y se desplazó eficientemente por la zona del colegio destinada para el trabajo cognitivo. Antes de realizar cada recorrido, fue capaz de anticipar cada ruta verbalizando (la mayoría de las veces en orden) los lugares por donde pasaría, tanto a la derecha como a la izquierda. Fue capaz de llegar no sólo a los destinos finales (u objetivos de cada prueba), sino también a los puntos intermedios. Asimismo, conocía rutas alternativas para llegar desde un punto a otro, se desplazó sin realizar pausas ni detenciones prolongadas durante los recorridos, y sin hacer preguntas al facilitador acerca del entorno. Finalmente, fue capaz de estimar (de forma relativamente acertada) los tiempos necesarios para realizar los recorridos.

Las principales debilidades apreciadas fueron que, a pesar de conocer bastante el entorno, el participante tendía a utilizar siempre los mismos recorridos, sin considerar rutas más cortas o alternativas. No utilizó puntos de referencia (táctiles, auditivos y/u olfativos) para orientarse, para llegar de un punto a otro ni para obtener una mejor y más completa información de su entorno escolar.

Sobre la utilización del software, el participante fue capaz de manipular el dispositivo con cierta facilidad, además de demostrar confianza en sí mismo a medida que interactuaba con el mismo. Asimismo, a medida que avanzaba en los recorridos fue comprobando la información que el dispositivo brindaba con el entorno real. Una dificultad apreciada en el participante tuvo que ver con relacionar los giros realizados durante el desplazamiento con los cambios de posición en el software. Además se observó que en ocasiones el participante tendía a preguntar a los facilitadores por información en lugar de intentar obtenerla a través del software.

### 9.5.3 Caso I – Experimentación en el ambiente desconocido

En el caso de la experimentación en el ambiente desconocido, para el participante del caso I se evaluó el desempeño en habilidades de representación del ambiente, logrando un puntaje de 11 puntos (de un total de 15) en el pretest. Luego de la experimentación, el desempeño en habilidades de representación espacial se vio beneficiado, obteniendo un porcentaje de logro de 86.66%, lo que se tradujo en un aumento de 13 puntos porcentuales al comparar ambos test (Tabla N° 28). Adicionalmente, fue posible apreciar que en el posttest el participante era capaz de reproducir con material concreto trayectos alternativos para distintos recorridos, lo que no ocurrió en el pretest.

**Tabla N° 28. Resultados de la experimentación en el ambiente desconocido – caso I.**

Evaluación	Máximo	Pretest	% de logro	Posttest	% de logro	Puntos porcentuales
Representación espacial	15	11	73,33%	13	86.66%	+13

La tarea cognitiva involucrada en esta etapa consideraba un puntaje máximo de 69 puntos, y en donde el participante obtuvo un total de 49 (es decir, un porcentaje de logro del 71%).

En cuanto a las fortalezas apreciadas en el participante al desenvolverse en su ambiente familiar, fue posible observar en un primer encuentro con el ambiente desconocido que el participante utilizó diferentes estrategias de exploración del entorno desconocido (visión residual, tacto, preguntas al facilitador), logrando identificar distintos elementos en el. Posteriormente y durante las actividades evaluadas, el participante se orientó satisfactoriamente en el ambiente, y utilizó adecuadamente sus propias habilidades y las herramientas provistas por el software EMO para obtener información del entorno y llegar a los destinos programados. Utilizó una marcha lenta (con varias pausas), pero segura. Además logró reproducir verbalmente vías alternativas para llegar desde un punto a otro.

Las principales debilidades observadas en el participante tuvieron que ver con la no utilización de puntos de referencia (táctiles, auditivos y/u olfativos) para orientarse y/o llegar de un punto a otro. El participante tendía a realizar preguntas a las facilitadoras para asegurarse de ir por el camino correcto, y no fue capaz de describir verbalmente una o más rutas dadas indicando puntos de referencia y los diversos lugares por donde pasaría, y en qué orden.

Sobre la utilización del software, el participante fue capaz de manipular el dispositivo con facilidad, lo que le permitió llegar tanto al destino final como a los destinos intermedios del recorrido. Por lo general se desarrolló de forma independiente, sin hacer preguntas adicionales a las facilitadoras acerca del entorno, sino sólo aquellas que le permitían confirmar lugares o ahondar más en detalles del mismo. A diferencia de lo observado durante el recorrido en el entorno familiar, fue posible apreciar que en el ambiente desconocido el participante utilizó en forma recurrente la información que brindaba el software, comprobándola con lo percibido por sus sentidos restantes, y demostrando confianza al desplazarse utilizando el dispositivo. El único aspecto posible de mejorar tiene relación que frente a ciertos problemas, a veces era necesario un pequeño incentivo por parte del facilitador para que el participante buscara intencionadamente soluciones a través del software.

#### 9.5.4 Caso II – Evaluación de habilidades de M&O puras

La participante del caso II obtuvo un muy alto porcentaje de logro en la primera evaluación (sobre el 94% de logro), y aún así fue posible apreciar un incremento en la segunda evaluación, en la cual el participante se acercó bastante al puntaje máximo de la prueba (obteniendo un porcentaje de logro sobre el 98%), lo que se tradujo en un incremento porcentual de 4 puntos al comparar las dos evaluaciones (Tabla N° 29).

Tabla N° 29. Resultados de la evaluación de habilidades puras – caso II.

Máximo	Eval. hab. puras I	% de logro	Eval. hab. puras II	% de logro	Puntos porcentuales
146	138	94,52%	144	98,63%	+4,10

Al comparar los desempeños por área, fue posible apreciar un incremento en todas las áreas, exceptuando el área de conductas básicas, donde el participante mantuvo su puntaje en las evaluaciones –el máximo en esa área (Figura 67).

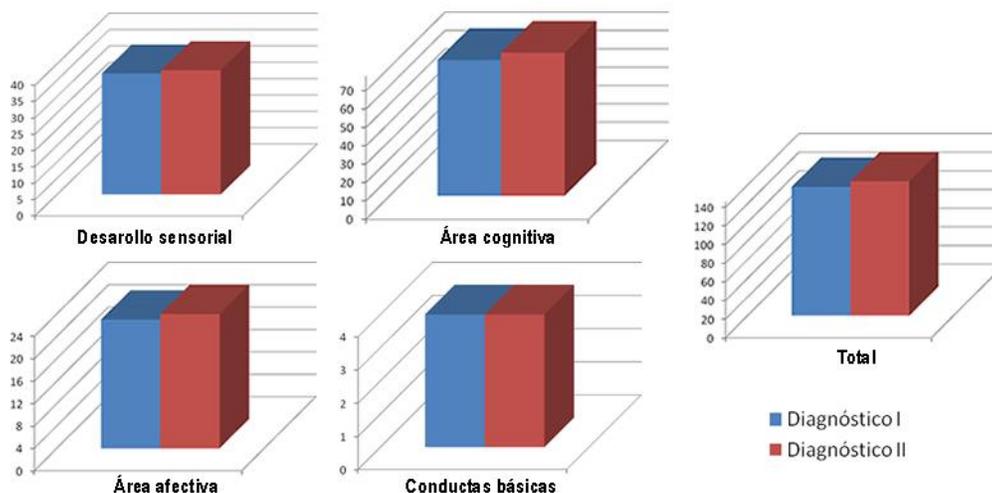


Figura 67. Resultados de la evaluación por área.

En cuanto al **Desarrollo Sensorial**, fue posible evaluar la *percepción auditiva* del aprendiz como muy satisfactorio, pues reconoció la presencia de sonidos en el ambiente, fue

capaz de seguirlos, ubicar su procedencia e identificar la fuente del sonido. Asimismo, fue capaz de saber cuando un objeto caía, reconociendo e identificando dicho objeto. La *percepción táctil* fue evaluada como muy satisfactoria, pues –a través de la exploración directa– la participante identificó diversas texturas y las nombró utilizando un vocabulario adecuado. Reconoció la presencia de objetos en el ambiente y sus diferentes tamaños, y manipuló y exploró apropiadamente los diferentes elementos. Utilizando exploración indirecta, reconoció a través de sus pisadas diversas superficies, siendo capaz de establecer diferencias entre ellas. En la mayoría de los casos fue capaz de percibir obstáculos en sus recorridos habituales con la ayuda del bastón, sin embargo la forma en que éste era utilizado permitió detectar el escaso conocimiento que la alumna tenía de técnicas de orientación y movilidad formales. La *percepción olfativa* fue evaluada como satisfactoria, pues si bien en exteriores el aprendiz fue capaz de detectar la presencia de diferentes olores en el ambiente, en interiores se observaron dificultades al momento de discriminarlos e indicar si pertenecían a objetos, alimentos, y similares; y asociarlos con recuerdos de lugares, personas, circunstancias, etc. La *percepción kinestésica* fue evaluada como relativamente satisfactoria, pues al momento de considerar la coordinación dinámica en general, fue posible observar que el aprendiz presentaba dificultades para caminar/desplazarse por sí mismo en línea recta, aún con ayuda del bastón. Asimismo, requirió utilizar ayudas externas para mantener la línea recta al caminar, como muros, barandas, etc.

Al considerar el **Área Cognitiva**, la participante presentó un nivel satisfactorio de desempeño al tratar los *conceptos geométricos* –reconoció figuras geométricas básicas, así como las líneas recta, curva, vertical, y horizontal, presentando ciertos problemas para reconocer las líneas diagonales y perpendiculares. Al considerar *conceptos espaciales*, se observó un nivel muy satisfactorio –la aprendiz reconoció conceptos básicos como: arriba, abajo, al lado, al frente, atrás, izquierda, derecha, sobre y entre, etc. Además conocía los cuatro puntos cardinales, pero no se orientaba a través de éstos. Un nivel muy satisfactorio fue observado en el manejo de los *conceptos ambientales*, pues el aprendiz fue capaz de reconocer a través de adivinanzas conceptos espaciales como: pasillo, escalera, esquina, kiosco, sala, patio, baño, rampa, pasamanos, punto de referencia y obstáculo. Finalmente, al considerar los *conceptos temporales*, nuevamente fue observado un nivel muy satisfactorio – el participante fue capaz de relacionar a través de ejemplos concretos conceptos temporales, como: antes, después, lejos, cerca, horas, minutos, segundos.

El **Área Afectiva** fue evaluada como muy satisfactoria, pues se apreció una buena disposición y esfuerzo por parte de la participante en la ejecución de cada tarea, con una apropiada autoestima y motivación. Fue capaz de desenvolverse mayoritariamente en forma autónoma en todas las actividades realizadas, con una alta tolerancia a la frustración. Solicitaba información adicional solamente cuando lo requería, y solicitaba ayuda en la realización de una tarea sólo cuando consideraba que realmente la necesitaba, expresando siempre su parecer antes y después de cada actividad.

Sobre las **Conductas Básicas**, el aprendiz fue capaz de escuchar atentamente las instrucciones que se le daban y seguir las instrucciones de forma adecuada durante toda la evaluación.

### 9.5.5 Caso II – Experimentación en ambiente familiar

Al comparar los puntajes obtenidos en el pre y posttest por la participante del caso II dentro del ambiente familiar, se apreció un notorio incrementos en el desempeño, tanto en el momento de realizar los recorridos como al construir la representación del entorno (Tabla N° 30). El tiempo total empleado para realizar los recorridos descendió en 12 segundos entre el pretest y el posttest.

**Tabla N° 30. Resultados de la experimentación en el ambiente familiar – caso II.**

Evaluación	Máximo	Pretest	% de logro	Posttest	% de logro	Puntos porcentuales
Recorridos	30	19	63,33%	24	80%	+16,7
Representación espacial	12	7	58,33%	9	75%	+16,7

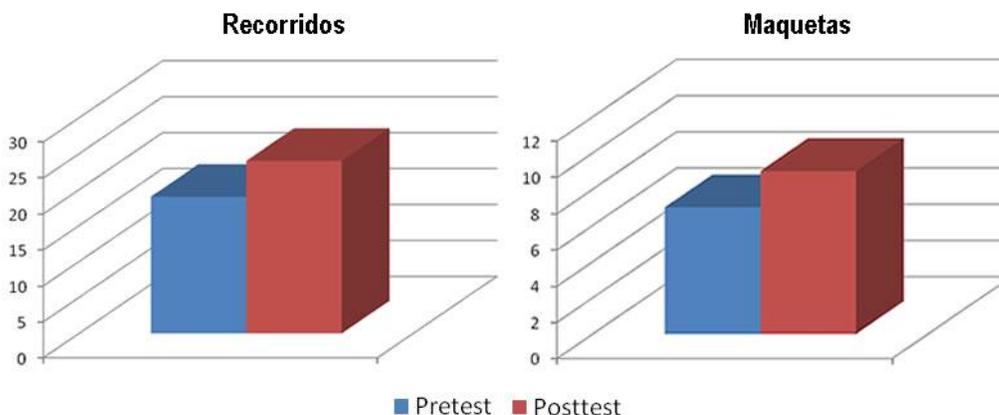
Como se mencionó en el capítulo anterior, para este participante no se consideró la experimentación en un ambiente desconocido, sino que se realizó un trabajo más profundo en el entorno familiar, aplicando tres tareas cognitivas. El puntaje obtenido en las tareas (Tabla N° 31) se incrementó con la aplicación de cada tarea, alcanzando un porcentaje de logro del 79% en la tercera tarea.

**Tabla N° 31. Resultados de las tareas cognitivas en el ambiente familiar – caso II.**

Tarea	Máximo	Puntaje	% de logro
I	75	30	40%
II	54	37	68,51%
III	63	50	79,36%

Una habilidad adquirida al momento del posttest por parte del participante fue la capacidad de indicar rutas alternativas al recorrido, lo que no era posible durante el pretest. Además el participante aumentó el número de puntos de referencia que utilizaba para orientarse, sumando elementos que se ubicaban tanto en el primer como en el segundo piso del entorno, como la jaula de los pájaros, un reciclador de papeles, y una barra metálica, entre otros. Al describir verbalmente las rutas, en el posttest aún utilizaba descripciones más bien generales, pero se apreció un mayor conocimiento de los espacios, siendo capaz de indicar los principales elementos que encontraría a su paso, y recordando lugares a medida que se desplazaba por el ambiente. Un importante cambio apreciado entre el pre y posttest fue en el tipo de marcha del participante, pasando de una marcha lenta, vacilante y sin un manejo apropiado del bastón, a una marcha notoriamente más segura, más rápida, y en donde se percibía que al seguir una ruta el participante sabía exactamente hacia dónde dirigirse. En el posttest el participante fue capaz además de mencionar rutas alternativas a un cierto recorrido realizado (lo que no había sido posible en el pretest), describiendo verbalmente cada ruta, y al mismo tiempo demostrando un tipo de marcha más segura, rápida y en línea recta.

En cuanto a la representación espacial, también se apreció un mejor desempeño, principalmente en la capacidad del participante de ubicar correctamente las piezas y representar un recorrido utilizando el material concreto (Figura 68).



**Figura 68. Resultados de la experimentación en el ambiente familiar.**

En cuanto a las fortalezas apreciadas durante la ejecución de los recorridos, el participante fue capaz de llegar a los destinos finales de la mayoría de los recorridos propuestos, a pesar de que en el pretest presentó dificultad incluso para llegar a los destinos intermedios planteados. Asimismo, fue capaz de localizar elementos del entorno durante los recorridos (patios, jardines, mesas, bancas, juegos, barandas, pajarera, etc.). En el posttest además utilizó más puntos de referencia (principalmente táctiles y auditivos) para orientarse y/o llegar de un punto a otro –tales como las superficies de los patios y pasillos, sonido de las aves, rampas, escaleras, entre otros. Esta situación tuvo como consecuencia un desplazamiento más fluido, sin tantas pausas ni detenciones prolongadas en los recorridos. En el posttest se observó que el participante se desenvolvía de manera más independiente, sin hacer tantas preguntas a los facilitadores acerca del entorno (tales como las características de los lugares que iba recorriendo, de los lugares que no conocía, etc.). Asimismo, mejoró considerablemente su anticipación de recorridos a través de una descripción verbal de los lugares por los cuales se llegaba a un destino en particular. Inicialmente sus descripciones eran más generales, lo que mejoró a medida que se avanzó con las tareas cognitivas, siendo capaz de dar más características y detalles acerca del entorno.

En cuanto a las debilidades observadas en el participante al momento de realizar los recorridos, se observó un desplazamiento individual con bastón muy lento y de caminata irregular, esto es, le resultaba muy difícil mantener una línea recta que le permitiera caminar de forma más segura, rápida y certera para alcanzar algún objetivo. Esta situación impidió no sólo que el participante fuera capaz de orientarse con facilidad, sino además de poder estimar certeramente los tiempos que tomarían sus recorridos. Se observó además que el participante no tenía completa seguridad de la ubicación de todos los lugares (principalmente salas) de su escuela. Esto se tradujo en la tendencia a utilizar siempre el camino más conocido por el participante, independiente de que este fuera más largo o complejo. Por otro lado, se observó un rastreo deficiente con y sin bastón, además de una falta de técnicas formales de manejo de bastón y guía vidente propios de un entrenamiento de orientación y movilidad.

Sobre la utilización del software, desde un comienzo el participante fue capaz de manipular el dispositivo con facilidad, comprendiendo e interactuando con el software sin problemas. Posteriormente, el software fue manipulado por un facilitador, de manera de permitir que el aprendiz se concentrara más en el recorrido, pero indicándole que podía solicitar el dispositivo en cualquier momento. Si bien al principio el participante solo utilizó el software bajo el incentivo de los facilitadores, hacia el final del proceso lo solicitaba en forma natural y sin incentivos previos, tanto para poder ubicarse como para desplazarse de forma segura hacia un lugar. Utilizando el software el aprendiz fue capaz de llegar a los diversos lugares propuestos para sus recorridos por la escuela. Asimismo, durante los recorridos fue incrementando su independencia y reduciendo la cantidad de preguntas realizadas a las facilitadoras. Se observó una mayor búsqueda y utilización intencionada de soluciones ofrecidas por el software, además de una mayor curiosidad e intención de comprobar la información ofrecida por el dispositivo con el entorno real.

Sobre la representación del espacio, se observaron fortalezas en el participante al momento de explorar adecuadamente el material táctil que recibió, deteniéndose en detalles de textura, formas y tamaños. Fue capaz de representar el ambiente utilizando la mayoría de piezas disponibles. En el posttest además se observó un aumento en el número de piezas ubicadas correctamente en la maqueta. La única debilidad apreciada en este aspecto tuvo que ver con que el participante no utilizó algunas de las piezas que representaban lugares significativos dentro del entorno, demostrando que aún hay trabajo por realizar con este participante.

Cuando la etapa de evaluación cognitiva terminó, se realizó la entrega de los resultados de cada aprendiz tanto a las escuelas como a los apoderados, en un informe cualitativo que incluyó sus fortalezas y debilidades, además de presentar algunas recomendaciones pedagógicas particulares para cada niña, elaboradas por las especialistas que participaron en el estudio.

**X**

**CONCLUSIONES Y TRABAJO**  
**FUTURO**

## 10.1 Discusión

Para todos los seres humanos el poder desplazarse de un lugar a otro es un factor determinante no solamente al momento de evaluar la calidad de vida del individuo, sino que también —en casos más extremos— de la supervivencia del mismo. En el caso de los niños, desde aquellos que comienzan a descubrir sus capacidades neuro-motoras (un infante que da su primer paso independiente hacia sus padres, o se levanta para poder tomar su juguete favorito), hasta aquellos que ya comienzan a incorporar movimientos corporales más complejos al momento de jugar y correr, siempre estas actividades son desarrolladas en forma inconsciente, a medida que desarrollan sus diferentes sentidos y estructuras cognitivas. Un niño vidente no se cuestiona mayormente cómo adquirir la información del entorno, ni cómo es capaz de organizar las estructuras espaciales que percibe, de manera de poder navegar libremente a través de ellas. Un niño ciego en cambio, posee muchas dificultades al momento de navegar por los espacios físicos, lo que le dificultan actividades que podrían ser triviales para las personas videntes (ir al baño del colegio, ir desde la sala de clases al patio en el recreo, o ir a comprar un helado al kiosco).

Esto no solamente compromete la integridad física del niño y de sus pares, sino que lo obligan a tomar decisiones espontáneas al momento de resolver problemas no previstos, lo que muchas veces no es exitoso. Por otro lado, los niños ciegos no desarrollan las habilidades corporales y cognitivas necesarias para poder desplazarse de un lugar a otro en forma independiente y segura, ni tampoco son capaces de utilizar efectivamente instrumentos como el bastón para evitar los obstáculos.

En este trabajo se estudió la manera de apoyar con tecnología la Movilidad y Orientación de los niños ciegos en el contexto del espacio correspondiente a la escuela. Para esto se investigaron los problemas reales que enfrentan los niños ciegos o con baja visión no funcional al momento de desplazarse por el patio de la escuela, por medio de la observación en terreno y entrevistas niños de escuelas integradas y segregadas, así como también con los profesores, apoderados y especialistas relacionados y una revisión bibliográfica. Se analizó y estudió el estado del arte de toda las tecnologías relacionada al apoyo de la M&O, desde las simulaciones computacionales que utilizan el audio como canal principal para entregar la información, hasta las aplicaciones existentes hoy para dispositivos móviles.

Diversos productos finales resultaron de esta investigación, y que se espera poder compartir con la comunidad científica en el futuro próximo. En primer lugar se obtuvo un análisis profundo de cómo se desplazan las personas ciegas y cuáles son los principales problemas que enfrentan al momento de navegar por entornos familiares y desconocidos, y al mismo tiempo estableciendo claramente la importancia de la Movilidad y Orientación como un instrumento para mejorar la calidad de vida de ellas. Con esta información fue posible construir una matriz problema-solución, y a través de ésta definir los requerimientos del software.

Fue posible apreciar además de la clara falta de estandarización de los modelos de datos y mapas para la representación de espacios interiores, y pese a la nutrida literatura que existe sobre realidades aumentadas y su aplicación en software de escritorio y de dispositivos móviles, el representar entornos reales sigue siendo un problema complejo. De esta manera, el segundo producto desarrollado en esta investigación fue un modelo genérico para la representación de espacios cerrados. Para esto se adoptó un modelo utilizado para la representación de entornos ficticios en un software interactivo para niños ciegos, que puede ser relacionado fácilmente con estructuras de datos como nodos XML o clases de programación, y que además permite evitar preocuparse por desarrollar algoritmos complejos a la hora de filtrar la información, pues los mayores esfuerzos se encuentran en la etapa del modelamiento. Este modelo fue aplicado para construir representaciones de un entorno ficticio de entrenamiento, así como también de fracciones de tres escuelas reales de Santiago, Chile.

Se realizó además un profundo análisis del estado del arte en cuanto a dispositivos electrónicos para la navegación, identificando las diferentes arquitecturas, dispositivos y aplicaciones disponibles en el mercado hoy en día, así como también las ventajas y desventajas de cada configuración estudiada. Fue posible verificar que la mayoría de estas soluciones comerciales tienen el problema de no establecer como punto de partida el cuestionarse cuáles son las verdaderas necesidades de los usuarios ciegos, cuál es la verdadera información que requieren para poder navegar, ni que interfaces son las más apropiadas para transmitirla. Gracias a este análisis se obtuvo un tercer producto, que es un guía con una serie de lineamientos y recomendaciones al momento de desarrollar software para personas con discapacidad visual, particularmente aplicaciones orientadas a apoyar la M&O.

El cuarto producto obtenido en esta investigación corresponde al software EMO (Estrategias de Movilidad y Orientación), el cual está orientado a desarrollar habilidades y estrategias de M&O en niños ciegos, mediante la utilización de dispositivos móviles (en particular dispositivos Pocket PC). El objetivo principal del software EMO es que al ser utilizado en conjunto con tareas cognitivas permita aumentar el conocimiento del usuario con discapacidad visual de un entorno real representado en el dispositivo Pocket PC, y le permita lograr construir una representación del mismo, mientras expande sus habilidades de M&O. El software es un sistema de apoyo a la navegación de las personas ciegas, con una interfaz basada principalmente en sonido, que además de proporcionar información relevante y útil a los usuarios, está orientada a desarrollo de habilidades y estrategias por parte de niños ciegos que buscan mejorar su movilidad y orientación en entornos cerrados, tanto familiares como desconocidos, en el contexto particular de la escuela.

Un quinto producto es el estudio de usabilidad realizado al software EMO, ya que además de presentar resultados que validan las interfaces e interacción del software por niños con discapacidad visual, presenta un procedimiento en detalle que puede ser utilizado como guía al momento de evaluar la usabilidad de software relacionado.

El último producto considerado como fruto de esta investigación tiene que ver con la evaluación cognitiva del software EMO. Al momento de realizar esta investigación, la

literatura existente sobre evaluaciones cognitivas de habilidades de M&O en personas ciegas era escasa, y la que además consideraba programas de M&O que involucraran software era prácticamente inexistente. Por estas razones se tuvieron que diseñar procedimientos y pautas completamente en forma íntegra, componiendo toda la información que fue posible recopilar: la escasa literatura al respecto, los apuntes del curso “*Psicomotricidad y Orientación y Movilidad para la persona con discapacidad visual*” dictados en la UMCE (en conjunto con la información recopilada en una entrevista<sup>1</sup> realizada con la profesora de ese curso), y las pautas utilizadas para las evaluaciones diagnósticas en la escuela de ciegos “Santa Lucía”. Con toda esta información —y trabajando en conjunto con educadoras diferenciales especialistas en trastornos de la visión— se definieron los objetivos (qué evaluar), los procedimientos (cómo evaluar) y se diseñaron los experimentos y tareas cognitivas a realizar. Es por estas razones que la evaluación cognitiva se considera un producto en sí, pues puede contribuir a ampliar el conocimiento de la comunidad científica del área.

## 10.2 Conclusiones

Al considerar la hipótesis planteada al comienzo de esta investigación —que es factible desarrollar y mejorar la orientación y movilidad de niños ciegos en un ambiente cerrado como la escuela, utilizando un dispositivo electrónico móvil antes y durante la navegación— a la luz de los resultados obtenidos, es posible confirmar esta hipótesis. Fue posible desarrollar un sistema de navegación que, además de orientar y apoyar al usuario en su desplazamiento, pudo ser utilizado —en conjunto con actividades cognitivas— para el entrenamiento y desarrollo de habilidades y estrategias que permitieron lograr un desplazamiento más eficiente, eficaz, seguro e independiente, en entornos familiares y desconocidos.

El software EMO es una exitosa manera de conjugar las ventajas de las diversas técnicas utilizadas por individuos ciegos al momento de desplazarse por un entorno cerrado. Por un lado, es un detector de obstáculos, ya que, al simular la navegación, el ciego es capaz de navegar sin hacer daño al entorno ni a su propia persona, en un ambiente seguro. Por otro lado posee las ventajas y la utilidad de un mapa táctil, pero con la diferencia de que es posible portar una infinidad de mapas en un solo dispositivo, los que puede recorrer de manera eficiente y efectiva. Incluso fue posible observar que ciertos elementos que no eran detectados en forma táctil en la maqueta si eran detectados utilizando el software. Tampoco implica una alta demanda cognitiva, pues no exige que el usuario deba recordar cada elemento del ambiente, sino que permite detectarlos rápidamente.

Las interfaces del software desarrollado fueron validadas utilizando una muestra compuesta por participantes de diferentes colegios y antecedentes, verificando en todos los casos que los usuarios eran capaces de interactuar con el software EMO de manera independiente, y a la vez demostrando que el dispositivo, las interfaces diseñadas, y el

---

<sup>1</sup> Entrevista con Lucía Millán, profesora de M&O de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, realizada en Junio del 2006 en esa misma institución.

modelo de interacción son apropiados para usuarios con discapacidad visual. Si bien la muestra utilizada para esta evaluación fue limitada, los diferentes contextos y antecedentes (escuelas, experiencia con software, habilidades de M&O) de los usuarios permitieron detectar diversos problemas de usabilidad (reales y potenciales), así como también medir el nivel de comprensión sobre el objetivo del software, la representación embebida y las maneras de navegar e interactuar con ella. Durante la interacción fue posible observar que los usuarios aprendieron y reconocieron rápidamente las pistas de sonido utilizadas en el software y su significado. Fueron capaces de comprender el modelo de interacción y la metáfora utilizada, y de reconocer e interactuar con los elementos de los ambientes representados. Sobre la utilización del dispositivo, ningún usuario presentó mayor problema en encontrar los botones, el joystick y la pantalla, pese a que sólo uno ellos tenía una experiencia previa utilizando un Pocket PC.

Los resultados de la evaluación de usabilidad fueron muy positivos. En promedio, se obtuvo una evaluación de 8,8 (de un total de 10), destacando afirmaciones como “Me gustan los sonidos del software” (9.8 puntos), “Aprendí con este software” (9.6 puntos), y “Me gusta el software” (9.4 puntos). Los comentarios de los usuarios reflejaron que ellos entendían que se trataba de un software relacionado con la orientación y movilidad, y que podría ayudarlos a orientarse mejor dentro de sus escuelas, comentando incluso que habían reconocido nuevos lugares y elementos a través del software que no habían sido capaces de conocer en sus recorridos físicos. Además de estos positivos resultados, la evaluación de usabilidad se convirtió en una provechosa oportunidad de detectar problemas y oportunidades de mejorar el diseño, además de corregir errores de programación y modelación. Pero no solamente eso, sino que además fue una instancia para escuchar a los usuarios finales y expertos, surgiendo nuevas ideas para funcionalidades y sugerencias.

La evaluación de impacto cognitivo demostró que la utilización del software –en conjunto con tareas cognitivas– desarrolló habilidades generales de M&O en los participantes, mejorando la representación mental de los ambientes reales representados, y en el tipo de desplazamiento al momento de realizar recorridos por estos entornos, tanto familiares como desconocidos. Fue posible verificar que los participantes mejoraron sus desempeños en habilidades de M&O después de trabajar con el software y las tareas cognitivas, especialmente en el desarrollo sensorial y en aspectos cognitivos, así como también en la eficiencia al momento de realizar recorridos (disminuyendo el tiempo empleado, moviéndose en forma más segura) y en la representación del espacio navegado (recreando con mayor precisión el entorno a través del material concreto y proponiendo rutas alternativas a un recorrido, entre otros).

Es claro que la falta de visión limita las entradas perceptuales y se convierte en una gran desventaja al momento de obtener información relevante. Pero fue posible además observar que el software efectivamente entrega una mayor cantidad de información que la que los niños ciegos pueden percibir por sus sentidos remanentes. En primer lugar, al observar la interacción de los niños con el material concreto de las maquetas, fue posible verificar que en algunos casos no eran capaces de detectar con sus manos algunas texturas presentes en las maquetas, pasándolas por alto en la exploración táctil. En cambio, los mismos elementos presentados en el ambiente virtual, con las interfaces basadas en sonido si eran detectados

por ellos. En segundo lugar, en las observaciones realizadas durante las actividades de recorrido en las escuelas también fue posible apreciar que elementos que no se encontraban en el alcance inmediato de los niños (a través de su cuerpo o el bastón), si eran detectados a distancia utilizando la funcionalidad de SoundTracing, permitiéndoles orientarse de una mejor manera y tomar rutas alternativas durante los recorridos, lo que dejó en claro la importante contribución de esta funcionalidad al software.

Los positivos resultados tanto de la evaluación de usabilidad como la de impacto cognitivo son muy alentadores al momento de considerar que el sistema propuesto fue realizado sin utilizar tecnologías demasiado sofisticadas –y por ende de precios elevados– pero con el potencial suficiente para apoyar efectivamente la movilidad y orientación de personas con discapacidad visual. Al ser una solución escalable, es una importante contribución para mejorar la vida de las personas ciegas, ya que es un paso más al momento de enfrentar la carencia de especialistas, de la disponibilidad física y horaria, además de permitir un entrenamiento al ritmo de cada usuario. Esto es relevante, pues al considerar las dificultades encontradas durante esta investigación, es importante mencionar la clara falta de profesionales relacionados al área de M&O. En la actualidad esta función está en manos de los profesores diferenciales, que se especializan en trastornos de la visión, y quienes en forma rotativa trabajan en M&O. Si bien ellos les transmiten técnicas a los pequeños, no siempre están familiarizados con la tecnología actual relacionada, o cómo ésta puede apoyar efectivamente a los niños en la navegación interior del colegio. En este trabajo se reafirmó la idea de que para este tipo de desarrollos es necesario contar con expertos de diferentes áreas, tales como las educadoras diferenciales y los especialistas en movilidad y orientación. Pero no sólo eso, sino que además se comprobó la necesidad de involucrar a las familias y profesores de los estudiantes ciegos participantes en el desarrollo del proyecto. Ellos contribuyeron significativamente al momento de definir los problemas que experimentan los niños al navegar por el entorno escolar, y cómo enfrentarlos.

En base a los resultados obtenidos en la experimentación de los dos casos considerados, es posible concluir que la utilización del software EMO –en conjunto con la aplicación de tareas cognitivas– permitió el desarrollo de habilidades de M&O en los participantes, observándose una mejora en el tipo de desplazamiento al momento de realizar los recorridos (velocidad, seguridad), así como también al momento de representar el ambiente real a través de material concreto, tanto en entornos familiares como desconocidos. Ambos participantes aumentaron el nivel de desempeño durante la experimentación, demostrando además una mayor comprensión y manejo tanto del software como del dispositivo móvil.

Fue importante además el poder apreciar un excelente nivel de participación y disposición para el trabajo por parte de los aprendices durante todo el proceso, quienes debieron poner en práctica sus habilidades espaciales de relacionar y organizar y sus destrezas sensoriales, psicomotrices y afectivas. Si bien fue un trabajo que demandó sus capacidades cognitivas de manera significativa, la utilización de nuevas tecnologías fue algo atractivo para los participantes, aún cuando esto significaba para ellos trabajar fuera del horario de clases, en su propio tiempo libre. También reveló que el perfil de usuarios definidos para este proyecto fue el adecuado, que el rango de edad es el apropiado para las tareas exigidas durante el desarrollo, ya que además de esta manera pueden comenzar a

relacionarse con programas de M&O desde pequeños, y con esto convertirse en seres independientes mas tempranamente.

Si bien en los últimos años se han obtenido enormes avances en cuanto a la tecnología móvil y la infraestructura relacionada, es necesario considerar que éstas aún se encuentran en desarrollo, y es necesario un proceso de maduración. Pese a esto, es un hecho que los dispositivos móviles son ya parte de toda la sociedad (celulares, PDAs, reproductores de música e incluso vestimentas inteligentes, por nombrar algunos). Sobre cuál será la infraestructura y dispositivos dominantes en el futuro, esto sólo podrá conocerse con certeza en los próximos años cuando tanto el mercado como los consumidores definan el escenario. Por ahora es importante reconocer que es imposible proveer de todas las soluciones posibles frente a los infinitos problemas que puede enfrentar un individuo ciego en un entorno cerrado con la tecnología existente [31]. Aún así, si es factible, como se ha visto en este trabajo, obtener importantes progresos en habilidades de M&O con la tecnología actual, a un costo razonable.

Con respecto a las tecnologías involucradas, varias dificultades fueron enfrentadas durante la etapa de implementación. Por un lado, el desarrollo para dispositivos PocketPC no es algo que se encuentre completamente maduro, por lo que al momento de implementar software más avanzado hay una evidente falta de documentación y librerías. Incluso al utilizar DirectX para el framework compacto (que es una librería madura para aplicaciones de computadores de escritorio, incluso para videojuegos) fue comprobado que esta librería no poseía varias de las funciones presentes en su símil para aplicaciones de escritorio (tales como el manejo de colisiones y sonido), lo que resultó en la necesidad de desarrollar y utilizar librerías alternativas.

### **10.3 Trabajo Futuro**

Sobre el trabajo futuro que puede realizarse a partir de ésta investigación, la línea inmediata consiste en utilizar este sistema en conjunto con una arquitectura que permita realizar la navegación en tiempo real en los entornos, es decir, obteniendo la posición y orientación real del usuario durante su navegación. Bajo este escenario nuevas evaluaciones de usabilidad e impacto cognitivo deberían ser realizadas, tomando como base los resultados de esta investigación.

Es interesante además explorar el incorporar más características lúdicas dentro del software EMO, en especial para los usuarios más pequeños, ya que aunque si bien todas las actividades realizadas tuvieron un enfoque lúdico, el software en sí podría ser potenciado al utilizar más metáforas de juego.

También es importante estudiar de qué manera es posible formalizar mediante reglas explícitas el modelo de representación de los entornos reales, explorando por ejemplo el combinar las tecnologías actuales (como planos de arquitectura generados por software de diseño asistido por computador, como AutoCAD) al momento de generar los ambientes virtuales que son posibles de recorrer con el software EMO, de esta manera disminuyendo el

costo asociado a construir la representación de un nuevo ambiente. En forma paralela, también es necesario considerar la implementación de un editor ad-hoc para la creación de los ambientes, de manera que resulte sencillo incorporar ambientes reales de interés para las personas ciegas, tales como una universidad, municipalidades y edificios estatales.

Otro aspecto interesante de considerar relacionado con el modelo para la representación de los entornos es incorporar algún mecanismo para poder proporcionar mayor información sobre posibles rutas a seguir para llegar desde un punto de interés a otro, de manera de que el usuario pueda conocer además de rutas alternativas, las diferentes características de cada ruta (extensión, complejidad). Esto podría ser utilizado para complementar la funcionalidad de SoundTracing, proporcionando con estimaciones de distancia de cada elemento detectado. Complementar el modelo con una capa de grafo con pesos podría ser la dirección apropiada, y existen trabajos en la actualidad en esa dirección [79].

## Referencias

1. ARNAIZ, P., MARTÍNEZ, R. (1998) Educación Infantil y Deficiencia Visual. Editorial CCS, pp. 66-97.
2. Artículo de preguntas frecuentes de la asociación Guides Dogs Of America, disponible en [www.guidedogsofamerica.org/faq.html#cost](http://www.guidedogsofamerica.org/faq.html#cost). Último acceso el 21/06/06.
3. AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER S., JULIER S., MACINTYRE B. Recent Advances in Augmented Reality. IEEE, Computer Graphics & Applications, 21, 6, pp. 34-47, 2001.
4. BALDWIN, D. Teaching Orientation and Mobility to Blind Children (e-Book), Chapter 1: Introduction to Teaching M&O to Blind Children. Disponible en [www.wayfinding.net/intrhome.htm](http://www.wayfinding.net/intrhome.htm). Último acceso el 20/03/06.
5. BALDWIN, D. Teaching Orientation and Mobility to Blind Children (e-Book), Chapter 3: Navigating without vision. Disponible en <http://www.wayfinding.net/play.htm>. Último acceso el 2/10/06.
6. BEVAN, N. (2001). International standards for HCI and usability. In: International Journal of Human-Computer Studies, Vol.55, No. 4, Oct 2001, pp. 533-552.
7. BRADLEY, N., DUNLOP, M. (2004). Investigating Design Issues of Context-aware Mobile Guides for people with visual impairments. Proceedings of workshop on HCI in Mobile Guides at MobileHCI04, Glasgow, UK. September 2004.
8. BRYAN, W. (1989): "Itinerant Orientation and Mobility in Public Schools". En Journal of Visual Impairment and Blindness, AFB. November, 1989. Traducción en [www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/ensenanza\\_iti\\_oym\\_al\\_int.htm](http://www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/ensenanza_iti_oym_al_int.htm). Último acceso el 19/6/06.
9. CAMPBELL, D., STANLEY, J. (1963). Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research. Houghton Mifflin Company, July 13, 1963, pp. 84.
10. CARMONA M., MELGAREJO R. (1999). Chile: Educación para niños ciegos. Bienvenida Integración. Atrévete, publicación de FONADIS, Año 4, No. 39, Ago. 99. Disponible en línea en [www.pasoapaso.com.ve/GEMAS/gemas\\_161.htm](http://www.pasoapaso.com.ve/GEMAS/gemas_161.htm). Último acceso el 30/04/07.
11. CHEUNG, S., DE RIDDER, S., FISHMAN, K., FRANCLE, L., PATTERSON, J. A Personal Indoor Navigation System (PINS) for people who are blind. En [http://vision.psych.umn.edu/~gellab/5051/prev\\_projects/pgs1.pdf](http://vision.psych.umn.edu/~gellab/5051/prev_projects/pgs1.pdf). Último acceso el 18/07/06.
12. COX, P., DYKES, M. (2001). Effective Classroom Adaptations for Students with Visual Impairments. Teaching Exceptional Children, Vol. 33, No. 6, 2001, pp. 68-74.
13. CSETE, J., WONG, Y.-H., VOGEL, D. (2004). Mobile devices in and out of the classroom. In L. Cantoni & C. McLoughlin (Eds.), *ED-MEDIA 2004*. Proceedings of the 16th World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia & World Conference on Educational Telecommunications, Lugano, Switzerland, Norfolk VA: Association for the Advancement of Computing in Education, pp. 4729-4736.
14. DE FREITAS, S., OLIVER, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? Computers and Education 46 (3), pp. 249-264.
15. DIGIPEN. DigiPen Game Development C# Webcast Series - Session One, Version 1.0. Disponible en <http://www.digipen.edu/webcast/>. Último acceso el 4/09/06.
16. DIX, A., FINLAY, J., ABOWD, G., BEALE R. (1993). *Human-Computer Interaction*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ (1st edition).
17. Dorado A., Ramírez F., Yunta D., Chueca M. (2005). Los juegos y los Alumnos con Necesidades Educativas Especiales. Documento disponible en [www.uclm.es/profesorado/ricardo/AlumnosEE/juegosEE\\_2005.doc](http://www.uclm.es/profesorado/ricardo/AlumnosEE/juegosEE_2005.doc). Último acceso el 03/04/06.
18. ELÍAS, M. (2006). Diseño y Usabilidad de Software Basado en Audio para el Aprendizaje de Ciencias en Niños Ciegos. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil en Computación, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
19. ERWIN, E. (1994). Orientaciones para la integración de niños discapacitados visuales en escuelas normales. En ICEVH, N° 81. Córdoba (Argentina): ICEVH. Disponible en: [www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/orient\\_integ\\_ndv\\_en\\_ec.htm](http://www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/orient_integ_ndv_en_ec.htm). Último acceso el 18/07/06.

20. ESCOBAR, M. (2003). El Dilema de la Integración Escolar de Discapacitados. ¿Quién gana más? Artículo publicado en formato electrónico en el diario "El Mercurio". Disponible en [www.reduc.cl/raes.nsf/0/651e316e6802fbbf04256d7f00512d1b?OpenDocument](http://www.reduc.cl/raes.nsf/0/651e316e6802fbbf04256d7f00512d1b?OpenDocument). Último acceso el 03/04/06.
21. FIGUEROA, M. (2005). Impacto del Software Educativo en el Aprendizaje de Orientación y Movilidad de Adultos Ciegos o con Baja Visión de la Escuela Santa Lucía. Memoria para optar al título de Licenciatura en Educación y Pedagogía en Educación Diferencial en Trastornos de la Visión. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, pp. 16-52.
22. FURTADO, A., SANTOS, A. (2005). Exploring Game Development in the .NET Platform with Managed DirectX, GDI+ and Mobile Devices. 2nd Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames2005).
23. GAVRON, A. (1994). Enseñanza de Movilidad a Niños Impedidos Visuales de Edad Escolar en un Programa de Corta Intervención de Doce Lecciones. En ICEVH, N° 81. Córdoba, Argentina. Disponible en [www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/ens\\_mov\\_niv\\_ep\\_pci\\_doce\\_lecciones.htm](http://www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/ens_mov_niv_ep_pci_doce_lecciones.htm). Último acceso el 13/6/06.
24. GODOY, M., MEZA, M., SALAZAR, A. (2004). Antecedentes Históricos, Presente y Futuro de la Educación Especial en Chile. Ministerio de Educación, Programa de Educación Especial. Artículo disponible en el sitio Web del Ministerio de Educación de Chile, [http://biblioteca.mineduc.cl/documento/1394\\_Antec\\_historicospresenteyfuturo\\_EducEsp2004.pdf](http://biblioteca.mineduc.cl/documento/1394_Antec_historicospresenteyfuturo_EducEsp2004.pdf)
25. GOLLEDGE, R., KLATZKY R., LOOMIS J. (1996). Cognitive Mapping and Wayfinding by Adults Without Vision. In the Construction of Cognitive Maps (J Portugali, Ed.), Netherland, Kluwer Academic Publishers, pp 215-246.
26. GOLLEDGE, R., MARSTON, J., LOOMIS, J., KLATZKY, R. (2004). Stated preferences for components of a personal guidance system for nonvisual navigation. *J. Vis. Impairment Blindness* 98, 3, 135--147.
27. GÓMEZ, J. Actitud positiva ante la vida y su influencia en el éxito y la felicidad. Artículo disponible en [www.lcc.uma.es/~ppgg/html/exito.html](http://www.lcc.uma.es/~ppgg/html/exito.html). Último acceso el 22/03/06.
28. GOMULICKI, B. The Development of Perception and Learning in Blind Children. Artículo disponible en [www.rnib.org.uk/xpedio/groups/public/documents/Visugate/public\\_devperc.hcsp](http://www.rnib.org.uk/xpedio/groups/public/documents/Visugate/public_devperc.hcsp). Último acceso el 03/04/06.
29. GONZÁLEZ, F., MILLÁN, L., RODRÍGUEZ, C. (2003). Orientación y Movilidad. Apuntes del curso "Psicomotricidad y Orientación y Movilidad para la persona con discapacidad visual", VII semestre Trastornos de la Visión, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Sin numeración.
30. HEYES, T. Electronic Travel Aids – Why Bother? Artículo disponible en <http://web.aanet.com.au/tonyheyes/pa/quest.html>. Último acceso el 21/08/06.
31. HOGAN, D. (2004). Way-finding in the Built Environment. 'Clients Driving Innovation' International Conference, Surfers Paradise, Australia. October 25-27, 2004.
32. HUB, A., DIEPSTRATEN, J., ERTL, T. (2004). Design and Development of an Indoor Navigation and Object Identification System for the Blind. Proceedings of the ACM Conference on Assistive Technologies, ASSETS 2004, Atlanta, Georgia, USA, October 18-20, 2004, pp 147-152.
33. INMAN, D., LOGE, K., CRAM, A. (2000). Teaching Orientation and Mobility Skills to Blind Children Using Computer Generated 3-D Sound Environments. Proceedings of the 2000 International Conference on Auditory Display, Atlanta, Georgia, USA, 2-5 April 2000. Online publication: <http://www.icad.org>.
34. JACOBSON, R. (1994) Navigation for the visually handicapped: Going beyond tactile cartography. *Swansea Geographer*, 31:53--59, 1994.
35. JACOBSON, R., KITCHIN, R. (1997). GIS and people with visual impairments or blindness: Exploring the potential for education, orientation, and navigation. *Transactions in Geographic Information Systems* 2(4) 315-332.
36. JAEKLE, R. Veinte Preguntas y Respuestas sobre Orientación y Movilidad. En AFOB, Oficina Latinoamericana. Córdoba, Argentina. Disponible en [http://www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/veinte\\_preguntas\\_sobre\\_oym.htm](http://www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/veinte_preguntas_sobre_oym.htm). Último acceso el 28/06/06.

37. JULIER, S., LANZAGORTA, M., BAILLOT, Y., ROSENBLUM L., FEINER S., HÖLLERER T., SESTITO S. (2000). Information filtering for mobile augmented reality. In Proc. ISAR '00, Munich, Germany, October 5-6, 2000, pp. 3-11.
38. JUURMAA, J. Orientación, Movilidad y Gimnasia para los Disminuidos Visuales. En AFOB, Oficina Latinoamericana. Córdoba, Argentina. Disponible en [www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/precision\\_del\\_ciego\\_en\\_la\\_deteccion\\_de\\_obstaculos.htm](http://www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/precision_del_ciego_en_la_deteccion_de_obstaculos.htm). Último acceso el 13/6/06.
39. KÁPIC, T. (2003). Indoor Navigation for Visually Impaired. Disponible en <http://www.mics.ch/SumIntU03/TKapic.pdf>. Último acceso el 18/07/06.
40. KISH, D., BLEIER, H., MOSER, S. Facilitating Movement and Navigation in Blind PreSchoolers: A Positive, Practical Approach. Online report. Disponible en <http://www.waftb.org/Facilitating%20Movement.pdf>. Último acceso 13/01/2007.
41. KITCHIN, R., FREUNDSCHUH, S. (2000). Cognitive Mapping: past, present and future. London: Routledge (UK) pp. 221-248.
42. KITCHIN, R., JACOBSON, R. (1997). Techniques to collect and analyze the cognitive map knowledge of persons with visual impairment or blindness: issues of validity. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 91, pp. 393-400.
43. KULYUKIN, V., GHARPURE, C., NICHOLSON, J., PAVITHRAN, S., "RFID in robot-assisted indoor navigation for the visually impaired," IEEE/RSJ Intelligent Robots and Systems (IROS 2004) Conference, September - October 2004, Sendai Kyodo Printing: Sendai, Japan.
44. KURNIAWAN, S., SPORKA, A., NEMEC, V., SLAVIK, P. (2004). Design and user evaluation of a spatial audio system for blind users. *Proceedings of the 5th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2004*, pp 175-182.
45. LAHAV O., MIODUSER D. (2002). Multisensory virtual environment for supporting blind persons' acquisition of spatial cognitive mapping, orientation, and mobility skills. *Proceedings of the 4th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2002*, pp. 213-220.
46. LAHAV, O., MIODUSER, D. (2004). Blind Persons' Acquisition of Spatial Cognitive Mapping and Orientation Skills Supported by Virtual Environment. *Proceedings of the 5th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2004*, pp. 131-138.
47. LAHAV, O., MIODUSER, D. (2004). Exploration of Unknown Spaces by People who are Blind, Using a Multisensory Virtual Environment (MVE). *Journal of Special Education Technology*, 19(3).
48. LOOMIS, J., GOLLEDGE, R. (2001). GPS-Based Navigation Systems for the Visually Impaired. In W. Barfield & T. Caudell (Eds.), *Fundamentals of Wearable Computer and Augmented Reality*. Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2001, pp. 429-446.
49. LOOMIS, J., KLATZKY, R., GOLLEDGE, R. (2001). Navigating Without Vision: Basic and Applied Research. *Optometry and Vision Science*, Vol. 78. No. 5, May 2001.
50. MASSOF, R., "Auditory assistive devices for the blind," in *International Conference on Auditory Display (ICAD)*, Boston, USA, July 2003, pp 271-275.
51. MILLER, D. (2002). Spatial Audio Interface: Providing Landmark Information to Help the Blind Navigate Outdoors. Artículo disponible en [www.cs.unc.edu/~vogel/IP/IP/info/dorianm\\_fall2002.pdf](http://www.cs.unc.edu/~vogel/IP/IP/info/dorianm_fall2002.pdf). Último acceso el 05/04/06.
52. MILLER, L. (2006). Indoor Navigation for First Responders: A Feasibility Study. Disponible en [www.antd.nist.gov/wctg/RFID/Report\\_indoornav\\_060210.pdf](http://www.antd.nist.gov/wctg/RFID/Report_indoornav_060210.pdf). Último acceso el 7/6/06.
53. MOLICH, R., NIELSEN, J. (1990). Improving a human-computer dialogue, *Communications of the ACM* 33, 3 (March), 338-348.
54. MOLINA, P. Educación para Todos: un Reto al Sistema. Artículo publicado por la Consejera Nacional del Fondo Nacional de la Discapacidad, FONADIS. Disponible en línea en: [www.tolerancia.cl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=34&Itemid=1](http://www.tolerancia.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=1). Último acceso el 03/04/06.
55. MON, F. (1998). El entrenamiento en Orientación y Movilidad de las Personas con Baja Visión. Texto publicado en el Periódico sobre discapacidad "El Cisne", edición de Junio de 1998. Artículo disponible en [www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/fm\\_otras\\_tecnicas\\_en\\_oym.doc](http://www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/fm_otras_tecnicas_en_oym.doc). Último acceso el 18/07/06.

56. MON, F. (1999). Otras Técnicas de en Orientación y Movilidad. Texto publicado en el periódico sobre discapacidad “El Cisne”, edición de Agosto de 1999. Disponible en [www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/fm\\_otras\\_tecnicas\\_en\\_oym.doc](http://www.cepmalaga.com/actividades/interedvisual/ftp/fm_otras_tecnicas_en_oym.doc). Último acceso el 21/06/06.
57. NIELSEN, J. (1993). Usability Engineering. Academic Press Professional, Boston, MA.
58. NIELSEN, J. (1994). Heuristic evaluation. In Nielsen, J., and Mack, R.L. (Eds.), Usability Inspection Methods. John Wiley & Sons, New York, NY.
59. NIELSEN, J. (2004). How to Conduct a Heuristic Evaluation. Disponible en [http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic\\_evaluation.html](http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_evaluation.html). Último acceso 1/2/2007.
60. NIELSEN, J., GILUTZ, S. (2003). Usability Return on Investment. Nielsen Norman Group.
61. NORMAN, D. (1990). The design of everyday things. Doubleday, Nueva York.
62. NORMAN, D. (1999). The invisible computer. The MIT Press.
63. Orientation and Mobility as a Related Service. Artículo disponible en [http://www.cde.state.co.us/cdesped/download/pdf/OM\\_Related\\_Service.pdf](http://www.cde.state.co.us/cdesped/download/pdf/OM_Related_Service.pdf). Último acceso el 18/07/06.
64. Primer Estudio Nacional de la Discapacidad en Chile, ENDISC-CIF (2004). Disponible en [www.fonadis.cl](http://www.fonadis.cl).
65. PSATHAS, G. “Mobility, Orientation and Navigation: Conceptual and Theoretical Considerations.” New Outlook for the Blind 9 (1976), 385-391.
66. RAN, L., HELAL, A., MOORE, S. (2004). Drishti: An Integrated Indoor/Outdoor Blind Navigation System and Service. Proceedings of the 2nd IEEE Pervasive Computing Conference, Orlando, Florida, March 2004, pp 23-30.
67. ROSS, D., LIGHTMAN, A., HENDERSON, V. Cyber Crumbs: An Indoor Orientation and Wayfinding Infrastructure. 28th Annual RESNA Conference Proceedings. Disponible en: [www.cc.gatech.edu/~vlh/pubs/resna05.pdf](http://www.cc.gatech.edu/~vlh/pubs/resna05.pdf). Último acceso el 18/07/06.
68. ROSSON, M., CARROLL, J. (2002). Usability Engineering: scenario-based development of HCI. Morgan Kaufmann.
69. SÁENZ, M. (2006). Audiochile: Ambientes Interactivos Virtuales para la Resolución de Problemas para Personas no Videntes. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil en Computación, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
70. SÁNCHEZ, J. (2001). Aprendizaje Visible, Tecnología Invisible. Santiago: Dolmen Ediciones.
71. SÁNCHEZ, J., AGUAYO, F. (2006). Mobile Messenger for the Blind. 9th ERCIM UI4ALL Workshop. LNCS.
72. SÁNCHEZ, J., BALOIAN, N. (2006). Modeling 3D interactive environments for learners with visual disabilities. In K. Miesenberger et al. (Eds.): ICCHP 2006, LNCS 4061, 2006. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006, pp. 1326 – 1333.
73. SÁNCHEZ, J., ELÍAS, M. (2006). Blind Children Learning Science through Audio-Based Interactive Software. In Proc. Interacción, Puertollano, Spain, November 13 – 17, 2006, pp. 591-600.
74. SÁNCHEZ, J., FLORES, H., SÁENZ, M. (2005). Blind Children Developing Mathematics Skills through Audio. Published in the Proceedings of ITI 2nd Internacional Digital Media Conference in Egypt, DIGIMEDIA 2005. Cairo, Egipto, Marzo 7-8, 2005, pp. 155-166.
75. SÁNCHEZ, J., GALAZ, I. (2005). Cuentos Interactivos Móviles a través de Audio para Aprendices con Discapacidad Visual. En Sánchez, J. (editor). Nuevas Ideas en Informática Educativa, Santiago de Chile: Lom Ediciones S.A., pp. 101-106.
76. SÁNCHEZ, J., LUMBRERAS, M. (1999). Virtual Environment Interaction through 3D Audio by Blind Children. *Journal of Cyberpsychology and Behavior*, CP&B 2(2), pp. 101-111.
77. SÁNCHEZ, J., SÁENZ, M. (2004). AudioChile: Navegación y Cognición a través de Espacios 3D para Niños Ciegos. IX Taller Internacional de Software Educativo, TISE 2004, Santiago 1-3 de Diciembre, 2004, pp. 220-224.
78. SÁNCHEZ, J., SÁENZ, M. (2006). Assisting the Mobilization through Subway Networks by Users with Visual Disabilities. Proceedings of the International Conference Series on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2006. Esbjerg, Denmark, 18-20 September 2006, pp. 183-190.
79. SÁNCHEZ, J., SÁENZ, M., BALOIAN, N. (2007). Mobile Application Model for the Blind. Universal Access in HCI, Part I, HCII 2007, LNCS 4554, pp. 527–536, 2007.

80. SÁNCHEZ, J., SALINAS, A., SÁENZ, M. (2007). Mobile Game-Based Methodology for Science Learning. Lecture Notes in Computer Science, LNCS (in press) ISI.
81. SÁNCHEZ, J., ZUÑIGA, M. (2006). Evaluating the Interaction of Blind Learners with Audio-Based Virtual Environments. Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine. Virtual Healing: Designing Reality. Volume 4, pp. 167-173.
82. SASAKI H., TATEISHI T, KURODA T., MANABE Y, CHIHARA K. (2000). Wearable computer for the blind – aiming to a pedestrian’s intelligent transport system. Proceedings of the 3rd International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2000, pp. 235-241.
83. SCHNEIDER, J., STROTHOTTE, T. (2000). Constructive Exploration of Spatial Information by blind Users. Proceedings of the ACM Conference on Assistive Technologies, ASSETS 2000, Washington, DC, USA, November 13-15, 2000, pp. 188-192.
84. SHAFTEL, J., PASS, L., SCHNABEL, S. (2005). Math Games for Adolescents. TEACHING Exceptional Children, 37(3), pp. 25-30.
85. SHOVAL, S., ULRICH, I., BORENSTEIN, J. (2000). Computerized Obstacle Avoidance Systems for the Blind and Visually Impaired. Invited chapter in “Intelligent Systems and Technologies in Rehabilitation Engineering”, pp. 414-448.
86. SIEGEL, A., WHITE, S. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. In Reese, H.W. (ed) Advances in Child Development and Behaviour. New York: Academic Press.
87. SIN AUTOR. Blindness Statistics. Artículo de la “American Foundation for the Blind”, disponible en <http://www.afb.org/Section.asp?SectionID=15>. Último acceso el 7/6/06.
88. SIN AUTOR. Carta dirigida por la Unión Mundial de Ciegos al Ministro de Relaciones exteriores de Cuba. Publicado en la revista electrónica “Disability World”. Volumen No. 13 Abril-Mayo 2002. Disponible en [www.disabilityworld.org/04-05\\_02/spanish/noticias/wbu.shtml](http://www.disabilityworld.org/04-05_02/spanish/noticias/wbu.shtml). Último acceso el 7/6/06.
89. SIN AUTOR. eAccessibility of public sector services in the European Union (2005). Disponible en formato digital en [www.cabinetoffice.gov.uk/e-government/resources/eaccessibility/](http://www.cabinetoffice.gov.uk/e-government/resources/eaccessibility/). Último acceso el 13/6/06.
90. SIN AUTOR. Free Fall Navigation Systems Guide Parachutists (2005). U.S. Army Soldier Systems Center. Disponible en [www.defenselink.mil/transformation/articles/2005-04/ta042105a.html](http://www.defenselink.mil/transformation/articles/2005-04/ta042105a.html). Último acceso el 25/05/06.
91. SIN AUTOR. Magnitude and causes of visual impairments (2004). Fact Sheet N° 282 de la Organización Mundial de la Salud. Disponible en [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en). Último acceso el 7/6/06.
92. SONNENBLICK, Y. (1998). An indoor navigation system for blind individuals. In CSUN Center On Disabilities, editor, *CSUN 1998 Conference, California State University Northridge*, Los Angeles, March 1998.
93. SOY, S. (1996). The case study as a research method. Presentation at the Uses and Users of Information Seminar, Austin, the University of Texas. Disponible en <http://www.gslis.utexas.edu/ssoy/usesusers/1391d1b.htm> Último acceso el 18/07/06.
94. STRANGMAN, N., HALL, T. (2003). Virtual reality/simulations. Wakefield, MA: National Center on Accessing the General Curriculum. Retrieved 4/3/2007 from [http://www.cast.org/publications/ncac/ncac\\_vr.html](http://www.cast.org/publications/ncac/ncac_vr.html).
95. STROTHOTTE, T., PETRIE, H., JOHNSON, V., REICHERT, L. (1995). MoBIC: User Needs and Preliminary Design for a Mobility Aid for Blind and Elderly Travellers. In I. Placencia-Porrero and R. Puig de la Bellacasa, editors, *The European Context for Assistive Technology*, Amsterdam, 1995. IOS Press, pages 348-351.
96. TELLIS, W. (1997). Introduction to case study. The Qualitative Report [e-journal], 3(2). Disponible en <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR3-2/tellis1.html>. Último acceso el 18/07/06.
97. THRUN, S. (2002). Robotic mapping: A survey. Technical Report CMU-CS-02-111, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, February 2002.
98. TRENNER, L., BAWA, J. (1998). The Politics of Usability: a practical guide to designing usable systems in industry. Springer Verlag.

99. UNGAR, S., BLADES, M., SPENCER C. (1996), The construction of cognitive maps by children with visual impairments. In *The Construction of Cognitive Maps* (J Portugali, Ed.), Netherland, Kluwer Academic Publishers, pp. 247-273.
100. UNGAR, S., BLADES, M., SPENCER, C. (1997). The Use of Tactile Maps to Aid Navigation by Blind and Visually Impaired People in Unfamiliar Urban Environments. In *proceedings of the Royal Institute of Navigation, Orientation and Navigation Conference 1997*. Oxford; Royal Institute of Navigation.
101. VIRTANEN, A, KOSKINEN, S. (2004) NOPPA: Navigation and Guidance System for the Blind. Disponible en [http://virtual.vtt.fi/noppa/noppa%20eng\\_long.pdf](http://virtual.vtt.fi/noppa/noppa%20eng_long.pdf). Último acceso el 30/06/06.
102. VOGEL, S. (2003). A PDA-Based Navigation System for the Blind. M.S. Integrative Paper (IP). Disponible en [www.cs.unc.edu/~vogel/IP](http://www.cs.unc.edu/~vogel/IP). Último acceso el 06/04/06.
103. WARDYNSKI, C. (2004) Informing popular culture. The America's Army game concept. America's Army PC Game. Vision and realization. San Francisco. United States Army. The Moves Institute.
104. WEIL, M., ROSEN, L. (1997). *TechnoStress: Coping with technology*. Disponible en: <http://www.technostress.com>. Último acceso el 20/11/05.
105. WILLIS, S., HELAL, S. (2004). A Passive RFID Information Grid for Location and Proximity Sensing for the Blind User. University of Florida, Technical Report number TR04-009.
106. WOLFFE, K. (1999) Making It! Successful Transition Competencies for Youth with Visual Disabilities. Artículo disponible en <http://www.tsbvi.edu/Outreach/seehear/spring00/makingit.htm>. Último acceso el 18/07/06.

## Anexos

### Anexo A – Pautas de Evaluación de Usabilidad

#### A.1 Pauta de evaluación de Usabilidad de Software para Niños Ciegos. Evaluación de usuarios finales.

## Usabilidad de Software para Niños Ciegos

### Pauta resumida usuario final.

#### “Evaluación de Usabilidad de Software Para Niños Ciegos”

Dr. Jaime Sánchez I.

Universidad de Chile

La presente Pauta tiene por objetivo evaluar la usabilidad de un software para niños con discapacidad visual.

### Antecedentes

Nombre del Software

--	--

Nombre del niño

Edad

Sexo

--	--	--

Resto Visual

Nivel del evaluador

Aprendiz	Normal	Avanzado
----------	--------	----------

SI	NO
----	----

	Poco					Mucho				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Me gusta el software (juego)										
El software es entretenido										
El software es desafiante										
El software me hace estar activo										
Volvería a jugar con el software										
Recomendaría este software a otros niños/jóvenes										
Aprendí con este software										
El software tiene distintos niveles de dificultad										
Me sentí controlando las situaciones del software										
El software es interactivo										
El software es fácil de utilizar										
El software es motivador										
El software se adapta a mi ritmo										
El software me permitió entender nuevas cosas										
Me gustan los sonidos del software										

Los sonidos del software son claramente identificables												
Los sonidos del software me transmiten información												
Las imágenes, colores y brillos de la pantalla me transmiten información(*)												

(\*): aplicable sólo cuando el niño posee resto visual

### Questionario

1.- ¿Qué te gustó del software?

2.-¿Qué no te gustó del software?

3.- ¿Qué agregarías al software?

4.- ¿Para qué crees que te puede servir el software?, ¿Qué otros usos le darías al software?

### Observaciones o comentarios

## A.2 Pauta de evaluación de Usabilidad de Software para Niños Ciegos. Evaluación Heurística.

### Usabilidad de Software para Niños Ciegos

**Pauta extendida: Método de Evaluación Heurística.**

**“Evaluación de Usabilidad de Software Para Niños Ciegos”**

Creada por: Dr. Jaime Sánchez I.

Departamento de Ciencias de la Computación

**Universidad de Chile**

La presente Pauta tiene por objetivo evaluar la usabilidad de un software dirigido a niños con problemas a la visión. Es importante que esta pauta sea aplicada luego que Ud. haya explorado y usado detenidamente el software, con uno o más objetivos en mente.

#### Antecedentes

Nombre del Software

Nivel

--	--

Nombre del evaluador

Sexo

--	--

Edad

<input type="checkbox"/>	Entre 20 y 25
<input type="checkbox"/>	Entre 26 y 35
<input type="checkbox"/>	Entre 36 y 45
<input type="checkbox"/>	Mayor de 45

Estudios

<input type="checkbox"/>	Título profesional
<input type="checkbox"/>	Postítulo
<input type="checkbox"/>	Licenciatura
<input type="checkbox"/>	Magíster
<input type="checkbox"/>	Doctorado

Experiencia con software para ciegos.

<input type="checkbox"/>	Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Una vez a la semana
<input type="checkbox"/>	Varios días a la semana.

	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
I. Visibilidad del estado del sistema					
1.1 El software muestra claramente dónde se encuentra el usuario ciego.					
1.2 Los controles posibles de ejecutar están claramente señalados para el usuario ciego.					
1.5 Todas las acciones, eventos y advertencias están asociadas a sonidos específicos.					

II. Relación entre sistema y mundo real	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
2.1 El lenguaje es claro					
2.2 Los conceptos utilizados son entendibles					
2.3 Las palabras son de significado conocido					
2.4 Los iconos generan significado					
2.5 Los sonidos generan significado					

III. Control del usuario y libertad	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
3.1 Es fácil regresar al punto inmediatamente anterior.					
3.2 Es fácil volver a la pantalla principal desde cualquier nivel.					
3.3 El software provee controles durante el desarrollo de un juego (permite realizar acciones durante el desarrollo del juego tales como detener, finalizar, etc.).					

IV. Consistencia y estándares	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
4.1 Existe coherencia entre el nombre botón y la pantalla a la que apunta.					
4.2 Existe coherencia entre el título de una pantalla y su contenido.					
4.3 Existe coherencia entre los sonidos y lo que representan.					
4.4 Sólo existe un sonido para representar una misma acción o situación.					
4.5 Existe coherencia en el diseño de las interfaces del software.					

V. Prevención de errores	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
5.1 Existen mensajes que prevengan posibles errores					
5.2 Es posible prever posibles errores					
5.3 El software no induce a cometer errores					

VI. Reconocer en lugar de recordar	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
6.1 Los iconos gráficos son fácilmente reconocibles					
6.2 Los iconos sonoros son fácilmente reconocibles					
6.3 Los botones o comandos son fácilmente reconocibles.					
6.4 Los sonidos son fácilmente reconocibles					

VII. Flexibilidad y eficiencia de uso	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
7.1 Los botones y pantallas son de fácil acceso					
7.2 El software facilita la accesibilidad de los comandos más utilizados					
7.3 El software facilita el uso de las acciones más importantes					

VIII. Estética y diseño minimalista	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
8.1 El contenido es relevante					
8.2 El software está bien clasificado en sus comandos, acciones y funcionalidades					
8.3 El software está correctamente organizado					
8.4 El software está bien distribuido en su interfaz					

IX. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
9.1 Es fácil reconocer cuando ocurre un error					
9.2 Después que ocurre un error es fácil solucionarlo					
9.3 Cuando ocurre un error existen mecanismos para solucionarlos					

X. Ayuda y documentación	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
10.1 Existe algún tipo de ayuda o indicación en el software					
10.2 Cuando existe ayuda, ésta es específica					
10.3 La ayuda está asequible					

XI. Tratamiento del contenido	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
11.1 El contenido se adecua a la realidad física, social y cultural del usuario					
11.2 El software constituye un valor agregado en relación a otros software del mismo tipo					

XII. Velocidad y medios	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
12.1 La calidad técnica de imágenes y sonido					

es aceptable					
12.2 Los medios utilizados refuerzan el contenido y objetivos del software					

¿Cómo califica globalmente el software analizado?	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
I. Visibilidad del estado del sistema					
II. Relación entre sistema y mundo real					
III. Control del usuario y libertad					
IV. Consistencia y estándares					
V. Prevención de errores					
VI. Reconocer en lugar de recordar					
VII. Flexibilidad y eficiencia de uso					
VIII. Estética y diseño minimalista					
IX. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores					
X. Ayuda y documentación					
XI. Tratamiento del contenido					
XII. Velocidad y medios					

### A.3 Pauta de evaluación de Usabilidad de Software para Niños Ciegos. Evaluación de Facilitadores.

## Usabilidad de Software para Niños Ciegos

Pauta resumida facilitador.

“Evaluación de Usabilidad de Software Para Niños Ciegos”

Dr. Jaime Sánchez I.

**Universidad de Chile**

La presente Pauta tiene por objetivo evaluar la utilidad de un software dirigido a niños con problemas a la visión, en especial enfocado en la persona que facilita la interacción del software con el niño.

### Antecedentes

Nombre del Software

Nombre del evaluador

Edad

Sexo

--	--	--

Ocupación

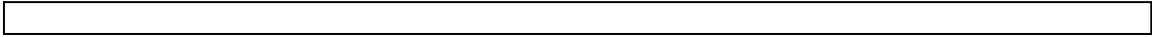
Nivel del evaluador

Aprendiz	Normal	Avanzado
----------	--------	----------

	Poco							Mucho			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
El software es fácil de controlar.											
Es fácil ejecutar la acción deseada.											
Los controles son claramente identificables.											
El uso de las imágenes es aceptable.											
El uso del color es aceptable.											
El diseño general del software es aceptable.											
La organización de los controles del software es aceptable.											
La interfaz del software es placentera.											
El software tiene todas las funcionalidades esperadas.											
El software tiene todas las capacidades esperadas.											
El software provee una interfaz aceptable para controlar y seguir el desempeño de un niño.											

Observación:

---



## Anexo B – Pautas de Evaluación Cognitiva

### B.1 Evaluación de Habilidades de M&O “puras”

#### I. DESARROLLO SENSORIAL.

##### A) Percepción Auditiva.

Indicadores:	2	1	0
Reconoce la presencia de sonidos en el ambiente			
Identifica la fuente del sonido			
Sabe cuando un objeto cae			
Reconoce/identifica el objeto caído			
Ubica procedencia/dirección del sonido			
Sigue un sonido			
Llega al foco de un sonido determinado			
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>			
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>			

##### B) Percepción Táctil:

Exploración táctil:	2	1	0
<b>Directa:</b>			
Identifica diversas texturas			
Nombra texturas mientras las explora			
Reconoce la presencia de diversos objetos en el ambiente			
Nombra objetos mientras los explora			
Reconoce tamaños			
<b>Indirecta:</b>			
Reconoce superficies al pisarlas			
Identifica diferencias entre superficies			
Percibe obstáculos en sus recorridos habituales			
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>			
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>			

##### C) Percepción Olfativa.

En exteriores:	2	1	0
Identifica la presencia de diversos olores			
<b>En interiores:</b>			
Identifica diversos olores			
Discrimina si son objetos, sustancias o alimentos los que emiten un olor			
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>			
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>			

##### D) Percepción Kinestésica:

En cuanto a coordinación dinámica general:	2	1	0
Camina en línea recta			
No utiliza ayudas externas para mantener línea recta al caminar			
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>			
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>			

#### II. ÁREA COGNITIVA.

Conceptos Geométricos. Conoce/reconoce:	2	1	0
Línea recta			
Línea curva			
Línea oblicua o diagonal			

Vertical			
Horizontal			
Paralelo			
Perpendicular			
Círculo			
Cuadrado			
Triángulo			
Rectángulo			
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>			
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>			

<b>Conceptos Espaciales:</b> Conoce/reconoce:	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Arriba			
Abajo			
Al lado			
Al frente			
Atrás			
Puntos Cardinales (Norte, Sur, Este, Oeste)			
Izquierda			
Derecha			
Sobre			
Entre			
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>			
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>			

<b>Conceptos Ambientales:</b> Conoce/reconoce:	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Pasillo			
Escalera			
Esquina			
Kiosco			
Sala			
Patio			
Baño			
Rampa			
Pasamanos			
Punto de referencia			
Obstáculo			
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>			
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>			

<b>Conceptos Temporales:</b> Conoce/reconoce:	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Antes			
Después			
Lejos			
Cerca			
Horas			
Minutos			
Segundos			
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>			
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>			

III.     **ÁREA AFECTIVA.**

<b>Motivación:</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Muestra buena disposición frente a una actividad			
Se esfuerza en la ejecución de una tarea			
<b>Autoestima:</b>			
Se considera capaz de hacer/lograr cosas			
<b>Tolerancia a la frustración:</b>			
Mantiene un estado anímico positivo estable durante una actividad			
Termina una tarea aunque les cueste			
<b>Seguridad:</b>			
Se desplaza con seguridad al caminar			
Muestra seguridad en sí mismo			
<b>Autosuficiencia:</b>			
Solicita información sólo cuando la requiere			
Solicita ayuda para realizar una tarea sólo cuando lo necesita			
Discrimina si la ayuda/información es adecuada			
<b>Habilidades sociales:</b>			
Expresa su sentir antes y/o después de una tarea			
Es amable al dirigirse a otros			
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>			
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>			

**IV. CONDUCTAS BÁSICAS.**

<b>Atención - Concentración:</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Escucha atentamente las instrucciones que se le dan			
Sigue instrucciones			
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>			
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>			

<b>TOTAL PUNTAJE PRUEBA DIAGNOSTICA:</b>	
<b>TOTAL OBTENIDO POR ALUMNA:</b>	
<b>PORCENTAJE DE LOGRO:</b>	

## B.2 Pretest y Posttest – Ambiente familiar

### CRITERIOS A UTILIZAR:

- SI: 3 puntos
- GENERALMENTE: 2 puntos
- OCASIONALMENTE: 1 punto
- NO: 0

Nombre alumno(a):	Fecha:
Tiempo etapa 1: Tiempo etapa 2: Tiempo etapa 3: Tiempo total utilizado: Observaciones:	
Llega al destino final: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  Alcanza destinos intermedios: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  ¿Cuántos?: Observaciones:	
Rutas alternativas del recorrido:  Nombra y/o utiliza rutas alternativas: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  N° rutas utilizadas: Observaciones:	
Se desplaza sin pausas ni detenciones prolongadas durante el recorrido: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  Número de pausas (detenciones) hechas durante el recorrido: Observaciones:	
Localiza elementos del entorno durante el recorrido: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)	
Utiliza puntos de referencia (táctiles, auditivos y/u olfativos) para orientarse y/o llegar de un punto a otro: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  Elementos que utiliza para orientarse en el espacio abierto:	
Se orienta correctamente durante el/los recorrido(s): SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Número de veces que se desorienta: Reacciones ante desorientación: ... Observaciones:	
Durante el/los recorrido(s) se desenvuelve de forma independiente, sin hacer preguntas al facilitador acerca del entorno: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  Número de preguntas realizadas al facilitador: ..... Tipo de información solicitada al facilitador: ... Observaciones:	

Describe verbalmente una o más rutas dadas indicando puntos de referencia y los diversos lugares por donde pasará, en orden: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Observaciones:	
Tipo de marcha: segura, rápida, en línea recta.	
Estrategias de exploración utilizadas: Total estrategias utilizadas:.....	
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>	
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>	

MAQUETAS	
Explora el material táctil que recibe: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)	
En relación al número de piezas utilizado, representa el ambiente familiar (previamente seleccionado): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando todas las piezas: (3 ptos.)</li> <li>- Utilizando la mayoría de las piezas: (2 ptos.)</li> <li>- Utilizando pocas piezas: (1 pto.)</li> <li>- No utiliza piezas: (0 pto.)</li> </ul> Observaciones:	
En relación a la correcta ubicación (exactitud) de las piezas en la maqueta: Total de piezas de la maqueta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ubica todas las piezas: (3 ptos.)</li> <li>- Ubica la mayoría de las piezas: (2 ptos.)</li> <li>- Ubica pocas piezas: (1 pto.)</li> <li>- No ubica piezas: (0 pto.)</li> </ul> Observaciones:	
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>	
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>	

<b>TOTAL PUNTAJE PRE TEST:</b>	
<b>TOTAL OBTENIDO POR ALUMNA:</b>	
<b>PORCENTAJE DE LOGRO:</b>	

### B.3 Tareas Cognitivas

#### CRITERIOS A UTILIZAR:

- SI: 3 puntos
- GENERALMENTE: 2 puntos
- OCASIONALMENTE: 1 puntos
- NO: 0

<b>Nombre alumno(a):</b>	<b>Fecha:</b>
RECORRIDO	
Tiempo etapa 1:	
Tiempo etapa 2:	
Tiempo etapa 3:	
Tiempo total utilizado:	

Observaciones:
Llega al destino final: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)
Alcanza destinos intermedios: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) ¿Cuántos?:
Rutas alternativas del recorrido: ..... Nombra y/o utiliza rutas alternativas: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  Nº rutas utilizadas: ..... Observaciones:
Localiza elementos del entorno durante el recorrido: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Observaciones:
Utiliza puntos de referencia (táctiles, auditivos y/u olfativos) para orientarse y/o llegar de un punto a otro: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  Elementos que utiliza para orientarse en el espacio abierto: ... Observaciones:
Se desplaza sin pausas ni detenciones prolongadas durante el recorrido: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  Número de pausas (detenciones) hechas durante el recorrido: .....
Durante el/los recorrido(s) se desenvuelve de forma independiente, sin hacer preguntas al facilitador acerca del entorno: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  Número de preguntas realizadas al facilitador: ..... Tipo de información solicitada al facilitador: ... Observaciones:
Se orienta correctamente durante el/los recorrido(s): SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)  Número de veces que se desorienta: ..... Reacciones ante desorientación: ...
Describe verbalmente una o más rutas dadas indicando puntos de referencia y los diversos lugares por donde pasará, en orden: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Observaciones:
Estima distancias y/o tiempo en sus recorridos: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Observaciones:
Estrategias de exploración utilizadas:

Total estrategias utilizadas:.....	
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>	
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>	

<b>SOFTWARE</b>	
Manipula el dispositivo con facilidad: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)	
Acerca del tipo de exploración/manipulación del dispositivo/software:	
Acerca del tipo de dificultades en la interacción con el dispositivo/software:	
Número de veces que interactúa con el software, en: Ruta 1: ..... Ruta 2: ..... Ruta 3: ..... Total de interacciones con software: .....	
Llega al destino final: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)	
Alcanza destinos intermedios: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)	
¿Cuántos?: Observaciones:	
Durante el/los recorrido(s) se desenvuelve de forma independiente, sin hacer preguntas adicionales al facilitador acerca del entorno: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)	
Número de preguntas realizadas al facilitador: ..... Tipo de información solicitada al facilitador: ...	
Busca intencionadamente soluciones en el software: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (utiliza más la memoria o conocimiento del lugar - prefiere preguntar a facilitador) (___)	
Utiliza la información que brinda el software: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (utiliza más la memoria o conocimiento del lugar - prefiere preguntar a facilitador) (___)	
Comprueba información que brinda el dispositivo con el entorno real: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Observaciones:	
Muestra confianza en sí mismo al desplazarse utilizando el dispositivo: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Observaciones:	
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>	
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>	

ÁREA AFECTIVA	
Se esfuerza/ tiene buena disposición para el trabajo: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Observaciones:	
Mantiene un buen estado anímico durante las actividades: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Observaciones:	
Reacciona adecuadamente ante las dificultades o situaciones problemáticas: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Observaciones:	
Expresa adecuadamente sus emociones: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___) Observaciones:	
Muestra seguridad en su marcha (seguridad en sí misma): SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (3)	
Se relaciona adecuadamente con otros y/o con su entorno: SI - GENERALMENTE - OCASIONALMENTE - NO (___)	
<b>TOTAL SECCIÓN:</b>	
<b>TOTAL OBTENIDO:</b>	

<b>TOTAL PUNTAJE TAREA COGNITIVA:</b>	
<b>TOTAL OBTENIDO POR ALUMNA:</b>	
<b>PORCENTAJE DE LOGRO:</b>	

#### B.4 Pauta de validación de las tareas cognitivas

**Escuela:**

Fecha:

Horario:

Nombre :

Edad:

Curso:

En la pauta de registro:

- **Se marcará 0** cuando el niño indique que no ha comprendido la sentencia o cuando se observe que el niño no ha comprendido la indicación.
- **Se marcará 1** cuando el niño indique que entendió solo parte de la indicación o cuando se observe que la comprensión de lo pedido fue incompleta.
- **Se marcará 2** cuando el niño indique o manifieste total comprensión de la indicación.

**Instrucciones:**

**Escucha atentamente cada una de las indicaciones, y luego explica con tus palabras qué fue lo que entendiste. ¿Qué tendrías que hacer?.**

Ejemplo para el niño: si digo “deberás ir al segundo piso del colegio, pero tendrás que subir por una escalera y bajar por otra/o no podrás subir y bajar por la misma escalera”: ¿qué es lo que se te está pidiendo? ¿Qué entiendes que debes hacer?

**Tarea 1**

<b>Premisas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
1. debes realizar un recorrido en tres etapas			
2. tienes que dirigirte desde la entrada del colegio al baño de niñas de rehabilitación			
3. tienes que dirigirte desde el baño de niñas de rehabilitación a la escalera que da al segundo piso.			
4. tienes que dirigirte desde la escalera al segundo piso hasta la piscina			
5. antes de hacer el recorrido debes describirlo, contarme por donde pasarás para llegar al destino			
6. debes indicarme que puntos de referencia o señales que estén dentro de ese recorrido puedes usar para llegar a ese destino.			
7. debes ir desde la puerta principal de la capilla hasta la sala de impresión braille y luego volver a la capilla por otro camino.			
8. debes ir desde la capilla a la sala de profesores y desde ahí a la oficina de la coordinadora (la tía Sandra Fuentes)			
9. debes ir desde la oficina de la coordinadora (tía Sandra Fuentes) hasta el mueble del área de rehabilitación.			
10. desde el área de rehabilitación debes volver a donde empezamos pero por otro camino.			

**Tarea 2:**

<b>Premisas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
1. debes realizar un recorrido en tres etapas			
2. tienes que dirigirte desde la Secretaría hasta el casino.			
3. tienes que dirigirte desde el casino hasta el teléfono público.			
4. tienes que dirigirte desde el teléfono público a la entrada del colegio			
5. antes de hacer el recorrido debes describirlo, contarme por donde pasarás para llegar al destino			
6. debes indicarme que puntos de referencia o señales que estén dentro de ese recorrido puedes usar para llegar a ese destino.			

Observaciones
---------------

## **Anexo C – Actividades cognitivas**

### **C.1 Tarea 1: “Te presento mi escuela” – Ambiente Familiar.**

#### ***Objetivo general:***

- Recorrer el sector de la escuela representado en el software EMO, con y sin la ayuda del dispositivo móvil.

#### ***Objetivos específicos:***

- Interactuar con el software, recorriendo las diferentes dependencias del establecimiento.
- Comparar la información dada por el software, con la obtenida en el ambiente real.
- Realizar un recorrido predeterminado en tres etapas con y sin la ayuda del software.
- Describir verbalmente cada recorrido, anticipando las zonas o dependencias por las que se transitará, con y sin la ayuda del software.
- Identificar puntos de referencia, indicándolos verbalmente y/o registrándolos en el software.
- Resolver situaciones problemáticas referidas a cambios de recorridos para llegar a un lugar determinado.

#### ***Contenidos:***

- Percepción auditiva, táctil, olfativa y kinestésica del entorno.
- Conceptos geométricos, espaciales, ambientales y temporales en el entorno.
- Audición comprensiva.
- Anticipación espacio-temporal.
- Utilización de direcciones cardinales y puntos de referencia.
- Verbalización de acciones.
- Desplazamiento independiente.

#### ***Sector de Aprendizaje:***

- Movilidad y Orientación.

#### ***Competencias cognitivas involucradas:***

- Relaciones espaciales.
- Organización espacial.
- Integración sensorial.

#### ***Prerrequisitos cognitivos:***

- Desarrollo sensorial.

- Manejo de conceptos geométricos.
- Manejo de conceptos espaciales.
- Manejo de conceptos ambientales.
- Dominio de conceptos temporales.
- Atención – concentración.

***Descripción de la tarea:***

Sin utilizar el dispositivo, cada aprendiz comenzó a realizar un recorrido por su escuela en tres segmentos de ruta predeterminados. Antes de empezar cada recorrido, los aprendices anticiparon y describieron verbalmente cada trayecto según lo que conocían y recordaban. Asimismo, indicaron aquellos puntos de referencia (táctiles, olfativos, auditivos) que utilizaron para llegar a su destino.

Posteriormente, cada aprendiz interactuó con el software por cerca de 20 minutos, reconociendo y recordando la interacción, y orientándose a través de este en un recorrido virtual por su colegio. A continuación, cada aprendiz realizó el recorrido por la escuela, anticipando y describiendo cada trayecto e indicando aquellos puntos de referencia utilizados.

Además se aumentó la demanda cognitiva pidiéndole a cada aprendiz que realizara los trayectos de regreso al punto inicial intentando rutas alternativas, y verbalizando todos los caminos posibles para llegar al destino final.

***Intervención cognitiva:***

***¿Qué?***

- Escucha la información dada por las facilitadoras al inicio y durante el transcurso de la actividad.
- Realiza tres recorridos predeterminados dentro de su entorno escolar, sin software.
- Anticipa y describe verbalmente los recorridos antes de realizarlos.
- Indica verbalmente sus puntos de referencia para llegar a la meta correspondiente (recorridos predeterminados).
- Interactúa con el software, recorriendo virtualmente su ambiente escolar.
- Realiza tres recorridos predeterminados dentro de su entorno escolar, con la ayuda del software.
- Resuelve situaciones problemáticas, esto es, cambiando recorrido para volver a un punto de partida.

***¿Cómo?***

- A través de sus conocimientos previos.
- A través de sus propias experiencias.
- A través de la información e instrucciones entregadas por las facilitadoras.
- A través de la interacción e información entregada por el software EMO.

### **¿Con qué?**

- Con el Software EMO

### **Rol de los facilitadores:**

- Diseñaron las actividades.
- Explicaron las actividades diseñadas.
- Motivaron la exploración de la herramienta y contenidos del software.
- Respetaron las características individuales de cada aprendiz.
- Reforzaron positivamente al aprendiz durante la sesión.
- Realizaron registro de la sesión en una pauta de evaluación.

### **Rol del aprendiz:**

- Escuchó atentamente las instrucciones entregadas por los facilitadores, al inicio y durante la actividad.
- Exploró eficientemente el hardware y software presentado.
- Utilizó adecuadamente sus órganos senso-perceptuales.
- Solicitó ayuda al facilitador cuando es necesario.
- Solicitó ayuda al software cuando es necesario.

### **Rol del método de aprendizaje:**

- Permitió la integración de información proveniente de un medio audiovisual y un entorno real familiar para el aprendiz.
- Ejercitó y potenció habilidades sensoriales, cognitivas, afectivas y conductas básicas contenidas en M&O.
- Favoreció la exploración del entorno y la curiosidad por alcanzar lugares nuevos o desconocidos de una forma independiente.
- Benefició la orientación espacial, técnicas de rastreo y la utilización del bastón.

### **Rol de la tecnología:**

- Complementó y estimuló el desarrollo de habilidades de entrada de orientación y movilidad.
- Promovió la utilización de herramientas computacionales que ayudan al desarrollo de habilidades de orientación y movilidad en el discapacitado visual.

## **C.2 Tarea 2: “Descubriendo una nueva escuela” – Ambiente Desconocido.**

### ***Objetivo general:***

- Recorrer el sector de la escuela representado en el software EMO, con y sin la ayuda del dispositivo móvil.

### ***Objetivos específicos:***

- Interactuar con el software, recorriendo las diferentes dependencias del establecimiento.

- Comparar la información dada por el software, con la obtenida en el ambiente real.
- Realizar un recorrido predeterminado en tres etapas con y sin la ayuda del software.
- Describir verbalmente cada recorrido, anticipando las zonas o dependencias por las que se transitará, con y sin la ayuda del software.
- Identificar puntos de referencia, indicándolos verbalmente y/o registrándolos en el software.
- Resolver situaciones problemáticas referidas a cambios de recorridos para llegar a un lugar determinado.

***Contenidos:***

- Percepción auditiva, táctil, olfativa y kinestésica del entorno.
- Conceptos geométricos, espaciales, ambientales y temporales en el entorno.
- Audición comprensiva.
- Anticipación espacio-temporal.
- Utilización de direcciones cardinales y puntos de referencia.
- Verbalización de acciones.
- Desplazamiento independiente.

***Sector de Aprendizaje:***

- Orientación y Movilidad

***Competencias cognitivas involucradas:***

- Relaciones espaciales
- Organización espacial
- Integración sensorial

***Prerrequisitos cognitivos:***

- Desarrollo sensorial.
- Manejo de conceptos geométricos.
- Manejo de conceptos espaciales.
- Manejo de conceptos ambientales.
- Dominio de conceptos temporales.
- Atención – concentración.

***Descripción de la tarea:***

Sin conocer mayormente el entorno, el aprendiz interactuó por aproximadamente por 20 minutos con el software, realizando un recorrido virtual por el colegio. Posteriormente, utilizando el dispositivo, el aprendiz realizó un recorrido real por la escuela en tres etapas predeterminadas.

Antes de empezar cada recorrido, los aprendices anticiparon y describieron verbalmente cada trayecto según lo que recordaban de su interacción con el software. Asimismo, indicaron aquellos nuevos puntos de referencia (táctiles, olfativos, auditivos) que podían utilizar para llegar a su destino.

### ***Intervención cognitiva:***

#### **¿Qué?**

- Escucha la información dada por las facilitadoras al inicio y durante el transcurso de la actividad.
- Interactúa con el software, recorriendo virtualmente el ambiente.
- Realiza tres recorridos predeterminados dentro del entorno escolar desconocido con la ayuda del software.
- Anticipa y describe verbalmente los recorridos antes de realizarlos.
- Indica verbalmente sus puntos de referencia para llegar a la meta correspondiente (recorridos predeterminados).

#### **¿Cómo?**

- A través de sus conocimientos previos.
- A través de sus propias experiencias.
- A través del apoyo sensorial.
- A través de la información e instrucciones entregadas por las facilitadoras.
- A través de la interacción e información entregada por el software EMO.

#### **¿Con qué?**

- Con el Software EMO

### **Rol de los facilitadores:**

- Diseñaron las actividades.
- Explicaron las actividades diseñadas.
- Motivaron la exploración de la herramienta y contenidos del software.
- Respetaron las características individuales de cada aprendiz.
- Reforzaron positivamente al aprendiz durante la sesión.
- Realizaron registro de la sesión en una pauta de evaluación.

### **Rol del aprendiz:**

- Escuchó atentamente las instrucciones entregadas por los facilitadores, al inicio y durante la actividad.
- Exploró eficientemente el hardware y software presentado.
- Utilizó adecuadamente sus órganos senso-perceptuales.
- Solicitó ayuda al facilitador cuando es necesario.
- Solicitó ayuda al software cuando es necesario.

### **Rol del método de aprendizaje:**

- Permitió la integración de información proveniente de un medio audiovisual y un entorno real desconocido.
- Ejercitó y potenció habilidades sensoriales, cognitivas, afectivas y conductas básicas contenidas en M&O.
- Favoreció la exploración del entorno y la curiosidad por alcanzar lugares nuevos o desconocidos de una forma independiente.
- Benefició la orientación espacial, técnicas de rastreo y la utilización del bastón.

**Rol de la tecnología:**

- Complementó y estimuló el desarrollo de habilidades de entrada de M&O.
- Promovió la utilización de herramientas computacionales que ayudan al desarrollo de habilidades de M&O.

## Anexo D.

### D.1 Colegios participantes de la investigación.

<b>Nombre</b>	Colegio El Carmen Teresiano
<b>Director(a)</b>	Hna. Maricarmen Miguel Rodríguez
<b>Dirección</b>	Luis Pasteur N° 6700, Vitacura, Santiago
<b>Teléfono</b>	218 4843
<b>WWW</b>	www.carmenteresiano-vitacura.cl
<b>Contacto</b>	Vladimir Velásquez - Inspector
<b>Participación</b>	Evaluación de impacto cognitivo – Ambiente Desconocido

<b>Nombre</b>	Colegio La Maisonnette
<b>Director(a)</b>	Pilar Mery Domeyko
<b>Dirección</b>	Luis Pasteur N° 6076, Vitacura, Santiago
<b>Teléfono</b>	218 5779
<b>WWW</b>	www.lamaisonnette.cl
<b>Contacto</b>	Constanza Hutt – Coordinadora Ciclo Básico
<b>Participación</b>	Evaluación de impacto cognitivo – Ambiente Conocido

<b>Nombre</b>	Escuela para Ciegos Santa Lucía ( <i>Diferenciada</i> )
<b>Director(a)</b>	Pilar Aguirre
<b>Dirección</b>	Salesianos N° 1190, San Miguel, Santiago
<b>Teléfono</b>	5518222
<b>WWW</b>	---
<b>Contacto</b>	Pilar Aguirre - Directora
<b>Participación</b>	Evaluación de impacto cognitivo – Ambiente Conocido Evaluación de usabilidad

<b>Nombre</b>	Liceo José Victorino Lastarria
<b>Director(a)</b>	María Eugenia Abarca
<b>Dirección</b>	Miguel Claro N° 32, Providencia, Santiago
<b>Teléfono</b>	2358930
<b>WWW</b>	www.liceolastarria.cl
<b>Contacto</b>	Cecilia Lerdo de Tejada - Psicopedagoga
<b>Participación</b>	Evaluación de usabilidad

<b>Nombre</b>	Escuela Arturo Alessandri Palma D-20
<b>Director(a)</b>	Norma Alarcón
<b>Dirección</b>	Alameda N° 4558, Santiago
<b>Teléfono</b>	7792490
<b>WWW</b>	--
<b>Contacto</b>	Norma Alarcón - Directora
<b>Participación</b>	Evaluación de usabilidad

## Anexo E – Algunas implementaciones relevantes

### E.1 - Método de render.

```
protected void Render()
{
    //borra fondo
    device.Clear(ClearFlags.Target, Color.White, 1.0F, 0);
    //borro los elementos
    borraListas();
    // prepara Direct3D para dibujar
    device.BeginScene();

    //CREO LOS ELEMENTOS DEL MUNDO
    //dibuja el fondo
    poneCanvas();
    //creo los bordes
    creaParedesExteriores();
    //creo las fachadas
    creaFachadas();
    //creo los solidos
    creaSolidos();

    //Dibujo las fachadas
    spriteFachadas.Begin(SpriteFlags.SortTexture | SpriteFlags.AlphaBlend);
    device.Transform.World = m_LocalMatrix; //capturo transformaciones

    foreach (mySprite s in listaFachadas) // con las que no se choca
        s.dibuja(spriteFachadas);

    spriteFachadas.End();

    //Dibujo los solidos
    ...

    creaMira();

    // indica a Direct3D que no se dibuja mas
    device.EndScene();

    // copia el buffer trasero
    device.Present();
}
```

## E.2 – Cálculo de la posición cardinal.

```
public string calculaPosicionCardinal()
{
    float posx = -(PosicionCamaraX - 110);
    float posy = -(PosicionCamaraY - 150);

    //veo en que posicion cae
    int caeX = (int)Math.Floor(posx/(ancho_mundo/3));
    int caeY = (int)Math.Floor(posy/(alto_mundo/3));
    string zonaCard = "";

    switch (caeX)
    {
        case 0: //puede ser 0,3,6
            if (caeY == 0) zonaCard = mallaCardinal[0];
            if (caeY == 1) zonaCard = mallaCardinal[3];
            if (caeY == 2) zonaCard = mallaCardinal[6];
            break;
        case 1://1,4,7
            if (caeY == 0) zonaCard = mallaCardinal[1];
            if (caeY == 1) zonaCard = mallaCardinal[4];
            if (caeY == 2) zonaCard = mallaCardinal[7];
            break;
        case 2://2,5,8
            if (caeY == 0) zonaCard = mallaCardinal[2];
            if (caeY == 1) zonaCard = mallaCardinal[5];
            if (caeY == 2) zonaCard = mallaCardinal[8];
            break;
    }

    return zonaCard;
}
```

### E.3 Método SoundTracing.

```
public string soundTracing(string donde, bool suena)
{
    List<mySprite> listaTraced = new List<mySprite>();
    List<mySprite> listaTodos = new List<mySprite>(); //todos los elementos

    listaTodos.AddRange(listaFachadas);
    listaTodos.AddRange(listaFachadas_top);
    ...

    switch (donde)
    {
        case "derecha":
            foreach (mySprite s in listaTodos)
            {
                if (camaraX_futura > s.Right) //no guardo los que estan a la izquierda
                    continue;
                if (camaraY_futura + 30 < s.Top) //ni los que estan abajo de la mira
                    continue;
                if (camaraY_futura > s.Bottom) //ni sobre ella
                    continue;

                if (!buscarRepetido(listaTraced, s.Nombre_op))
                    listaTraced.Add(s);
            }
            //Ahora ordeno de izquierda a derecha
            Quicksort(listaTraced, "derecha");
            break;

        case "izquierda":
            ...

    }

    mensaje += ".";
    if (suena)
    {
        playSonido("rayo");
        TTS.TTS_StopSpeaking();
        TTS.TTS_Speak(mensaje);
    }

    return mensaje;
}
```

## E.4 – Creación de un punto de referencia.

```
public void confirmaAgregarLM()
{
    confirmaAgrega = false;

    string info_contexto = "Este punto se encuentra en el Sector " +
contexto["sector"] + ",
en la zona " + contexto["cardinal"] + ". Está cercano a " + contexto["elemento"];

    //veo si hay mas elementos usando el mini wave tracing
    List<string> listaMWT = new List<string>();

    listaMWT.Add((string)contexto["elemento"]); //agrego el base
    if (!listaMWT.Contains((string)contexto["izquierda"]))
        listaMWT.Add((string)contexto["izquierda"]);
        ...

    //completo el mensaje
    foreach(string s in listaMWT)
    {
        info_contexto += ", a " + s;
    }

    //creo el nuevo nodo XML para el archivo de configuracion
    XmlNode land = doc.CreateElement("landmark");

    //almaceno datos
    XmlNode tmp = doc.CreateElement("nombre");
    tmp.InnerText = DateTime.Now.Day.ToString() + DateTime.Now.Month.ToString() +
DateTime.Now.Year.ToString() + DateTime.Now.Hour.ToString() +
DateTime.Now.Minute.ToString() + DateTime.Now.Second.ToString();

    land.AppendChild(tmp);
    tmp = doc.CreateElement("posx");
    tmp.InnerText = posActualX;
    land.AppendChild(tmp);
    ...

    doc.Save(ruta);

    //actualizo las listas
    llenaListadoLandmarks();

    TTS.TTS_StopSpeaking();
    TTS.TTS_Speak("Confirmado. Tu posición ha sido agregada como punto de
referencia.");
}
}
```



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACION**

**MOVILIDAD Y ORIENTACIÓN DE NIÑOS CIEGOS EN LA ESCUELA  
UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVILES**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS  
MENCION COMPUTACIÓN**

**MIGUEL ÁNGEL ELÍAS ECHAUREN**

**PROFESOR GUIA:  
JAIME SÁNCHEZ ILABACA**

**MIEMBROS DE LA COMISION:  
NELSON BALOIAN TATARYAN  
LUIS GUERRERO BLANCO  
MARCO VILLALOBOS ABARCA**

**SANTIAGO DE CHILE  
JULIO 2008**