

AUDIOMEMORICE: DESARROLLO DE LA MEMORIA DE NIÑOS CON DISCAPACIDAD VISUAL A TRAVÉS DE AUDIO

Jaime Sánchez
Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad de Chile
Chile
jsanchez@dcc.uchile.cl

Héctor Flores
Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad de Chile
Chile
hflores@dcc.uchile.cl

Guillermo Aravena
Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad de Chile
Chile
guaraven@dcc.uchile.cl

RESUMEN

Diversos estudios han tendido a diseñar aplicaciones interactivas para personas ciegas. Una de ellos es la utilización de interfaces interactivas basadas en sonido para estimular la cognición en niños ciegos. Aún cuando ha existido un énfasis en el aprendizaje y la cognición, existe un vacío de software que estimule el desarrollo y uso de la memoria en personas no videntes. Este estudio tiene por finalidad presentar el diseño, desarrollo y la usabilidad de un entorno de software cuya interacción es a través de sonido y que estimula el desarrollo y uso de la memoria de corto plazo. La usabilidad de AudioMemorice fue determinada con niños ciegos haciendo tareas cognitivas con el apoyo de facilitadores, demostrándose que el sonido puede constituir una poderosa interfaz para estimular el desarrollo de la memoria de niños ciegos.

Palabras Clave: sonido, cognición, aprendizaje, memoria, niños ciegos

INTRODUCCIÓN

El diseño de interfaces basadas en audio para estimular la cognición de niños ciegos ha sido uno de los temas de investigación más recientes en el área de interfaces no convencionales para ciegos. Diversos estudios han apuntado al diseño de interfaces basadas en sonido espacializado y a evaluar la usabilidad y su impacto cognitivo (Baldis, 2001; Lumbreras & Sánchez, 1998; MacCrindle & Symons, 2000; Mereu & Kazman, 1996; Sánchez, 2000a, 2000b, 2001; Sánchez & Lumbreras, 1999; Stifelman, Arons & Schmandt, 2001; Sjostrom, 2001; Tan, 2000; Winberg & Hellstrom, 2000).

Una de las características fundamentales de estos estudios es que en su mayoría conciben un software interactivo con escasa flexibilidad, impidiendo que los usuarios finales puedan adaptarlos a sus necesidades y requerimientos. Asimismo, la mayoría corresponde más a pruebas de conceptos que aplicaciones flexibles y versátiles.

Lumbreras y Sánchez (1999) desarrollaron una aplicación como prueba de concepto que permite que niños ciegos puedan navegar en entornos virtuales a través de audio, desarrollando estructuras cognitivas espaciales, concluyendo que es posible utilizar sonido espacializado para estimular a los aprendices en la construcción de espacios navegados en un entorno virtual. Más tarde, los autores desarrollaron un estudio de campo con la misma aplicación basada en audio y con el apoyo de tareas cognitivas explícitas y el diseño de modelos concretos de representación del espacio virtual navegado realizado por los aprendices, concluyendo que existen cuatro niveles de logro cognitivo en la interacción con entornos virtuales basados en sonido: Inicio, exploración, adaptación y apropiación. Estos niveles implican una complejidad cognitiva *in crescendo* para modelar las tareas cognitivas. Las dos últimas etapas, adaptación y apropiación, son los niveles más altos de representación espacial y modelamiento mental, luego de interactuar con la aplicación basada en audio y ejecutar las tareas cognitivas. El estudio concluyó que es viable apoyar la construcción de estructuras mentales a través del uso de sonido espacializado y tareas cognitivas. El sonido por sí mismo no tiene un impacto en el desarrollo de estructuras cognitivas de espacialidad. Las imágenes mentales del espacio pueden ser construidas con sonido espacializado y sin pistas visuales, y pueden ser transferidas a través de sonido espacializado que emerge de entornos virtuales interactivos. Una de las líneas que emergen de este estudio fue la necesidad de implementar aplicaciones flexibles basadas en sonido que respondan a otros procesos cognitivos relevantes para los niños ciegos, tales como la memoria.

Existen otros estudios que presentan diversas experiencias con estímulos auditivos para simular pistas visuales para el aprendiz ciego. Mereu y Kazman (1996) encontraron que el uso de interfaces de audio 3D por una persona ciega puede ayudar a localizar un punto específico en un espacio 3D. Ello fue ejecutado en una forma precisa, pero más lenta que los videntes, por usuarios ciegos, concluyendo que utilizando entornos basados exclusivamente en sonido los usuarios ciegos son más precisos que los usuarios videntes.

Otros autores han descrito el efecto positivo de interfaces de entornos virtuales basadas en sonido 3D (Cooper & Taylor, 1998). Lahav & Mioduser (2000) desarrollaron un estudio para probar la hipótesis que proveyendo información espacial apropiada a través de canales compensatorios puede contribuir al desempeño espacial de personas ciegas. Ellos desarrollaron un entorno virtual multisensorial con el apoyo de joysticks force feedback, simulando espacios de la vida real como la escuela, el trabajo y edificios públicos.

McCrandle y Symons (2000) implementaron un estudio en el mismo contexto que el realizado por Sánchez & Lumbreras (2000), probando que características estándares de un juego tradicional como Space Invader puede ser replicado con el uso de audio 3D y joysticks force feedback como interfaz de input. Ellos concluyeron que es posible producir un juego multimedial para que niños ciegos y videntes puedan jugar, proveyéndoles una forma para compartir la misma experiencia de juego. Stifelman, Arons & Schmandt (2001) desarrollaron AudioNotebook, una herramienta que aumenta la actividad del usuario ayudándolo a encontrar porciones de audio deseadas. Esta herramienta es un dispositivo para tomar anotaciones e interactuar con un registro de voz como un enfoque nuevo para la navegación en el dominio del audio, lo que permite liberar a las personas del proceso de escuchar y dar más atención a la persona que habla, de manera que no siempre requiere tomar notas. Loomis, Lippa, Klatzky & Gollege

(2002) realizaron un estudio con personas ciegas y personas videntes con los ojos tapados, presentándoles estímulos auditivos marcando lugares específicos por medio de sonido 3D. Ellos evaluaron la habilidad para mantener en mente la localización específica sin información perceptual concurrente acerca de ello (update espacial), concluyendo que una vez que se ha determinado una representación interna de una localización, el posterior desempeño de update es independiente del modo de representación.

Un número pequeño de estudios han desarrollado aplicaciones para estimular la memoria en personas con discapacidad. Attree et al., 1996, desarrollaron procesos de la memoria a través de entornos de realidad virtual, logrando que la participación activa de personas con discapacidad estimulara la memoria de distribución espacial y la observación pasiva estimulara la memoria de distribución espacial. Morris, Parslow, y Recce (2000) investigaron el uso de realidad virtual inmersiva para investigar la memoria espacial en pacientes con daño neuronal, creando un test de memoria espacial que ha probado ser útil como herramienta experimental. Rizzo, et al., 2002, desarrollaron aplicaciones de realidad virtual diseñadas para investigar un amplio rango de procesos cognitivos, incluida la memoria, para fines de evaluación neuropsicológica y rehabilitación, concluyendo que esta tecnología puede potencialmente mejorar la confiabilidad y validez de los métodos utilizados en la evaluación neuropsicológica y rehabilitación. Baldis (2001) realizó una experiencia para determinar el efecto de audio espacializado sobre la memoria y la percepción percibida de conferencias con nueve participantes, concluyendo que el audio espacializado mejoró la memoria y la comprensión percibida, observando que los participantes prefirieron el audio espacializado en lugar de audio no espacializado.

Finalmente, la mayoría de estos estudios no incluyeron estudios rigurosos de usabilidad. Los trabajos en el área indican que la tecnología de audio espacializado puede tener un efecto reducido si no es combinado con tareas cognitivas de usabilidad. No solamente se requieren estudios que impliquen aplicaciones en ambientes virtuales con sonido especializado, sino que también se necesitan evaluaciones sistemáticas y rigurosas de usabilidad con y para los niños con discapacidad visual.

DISEÑO Y DESARROLLO DE AUDIOMEMORICE

Arquitectura de AudioMemorice

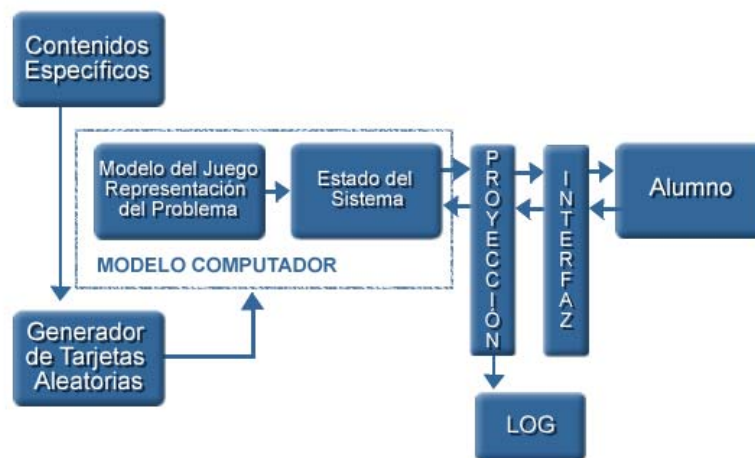


Figura 1. Arquitectura de AudioMemorice

La arquitectura de AudioMemorice es presentada en la Figura 1. Los *contenidos específicos* corresponden al problema real que queremos representar computacionalmente. En el caso de AudioMemorice la idea es generar una grilla con pares de fichas relacionadas entre ellas para ser descubiertas por el usuario. El *generador de tarjetas* responde al concepto de editor del problema, el profesor en este caso puede elegir el nivel de dificultad y los contenidos asociados que son elegibles desde una galería (extensible por el profesor) disponibles en el software. El *modelo computador* es el modelo de la representación computacional del problema, en este caso son pares de fichas relacionadas

entre ellas, pero con valores propios al sistema. Se encuentran variables de estado del sistema como: número de fichas acertadas, tiempo y puntaje, y variables paramétricas como: nivel del juego, contenido específico y nombre de usuario. La *proyección* corresponde a que cada interacción generada en el software por los inputs disponibles son transformados a representaciones de cambios que sean accesibles por el alumno no vidente, estos son básicamente audibles o táctiles (forcefeedback). Este componente actúa como puente entre el sistema y las interfaces, generando bidireccionalidad en el feedback desde y hacia el usuario en cada acción realizada. La *interfaz* son los dispositivos que tiene el usuario a disposición para generar la interacción y aquellos que el sistema utiliza para generar feedback con el usuario. AudioMemorice trabaja con los siguientes dispositivos de interacción: sistema de audio del equipo, teclado, mouse, joystick con forcefeedback y tablets.

Las interacciones entre cada uno de estos componentes genera el flujo de acciones e información que son importantes en el sistema. Una vez confeccionado el modelo computacional del problema, el aprendizaje interactúa a través de los inputs disponibles.

Herramientas de desarrollo

Para el desarrollo de AudioMemorice se utilizó el sistema operativo Microsoft Windows 98, software para desarrollo de aplicaciones multimediales Macromedia Director 8.5 y una biblioteca de rutinas para control del Joystick externo: Xtra RavJoystick. El hardware utilizado fue un joystick Side-Winder II con ForceFeedback, mouse, teclado y tablet Wacon.

Modelo de programación

El modelo general del software responde a un concepto de matriz de $N \times M$, en que N es el número de filas y M es el número de columnas. Existen cuatro niveles de dificultad: Nivel 1 con 4 fichas (2 filas y 2 columnas), Nivel 2 con 6 fichas (3 filas y 2 columnas), Nivel 3 con 12 fichas (3 filas y 4 columnas) y Nivel 4 con 16 fichas (4 filas y 4 columnas). Para cada nivel de dificultad el par ordenado (i,j) es una variable de entorno, la cual define en cada momento la posición del usuario en la grilla. Además, las variables m y n definen de la misma forma la cantidad de filas y columnas que la contienen, para ese nivel de dificultad en particular.

Los colores utilizados en este software son azules y amarillos. Estos son, según estudios sobre la acromatopsia, los colores que más distinguen las personas con visión residual. (Ridgen, 1999).

Interfaces de AudioMemorice

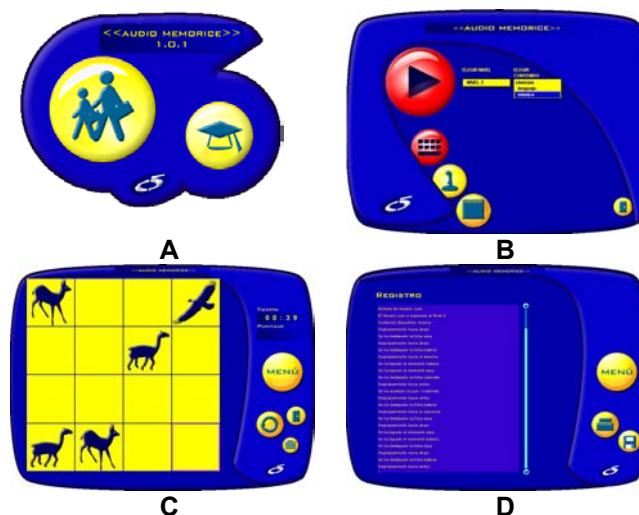


Figura 2. Interfaces de AudioMemorice: A. Elección de Usuario, B. Elección de contenidos e inputs, C. Juego y cambios de contenido, D. Registro del juego

La Figura 2 muestra las interfaces de AudioMemorice. En A el aprendiz tiene la opción de elegir el tipo de usuario que ingresará al juego: facilitador o alumno. La elección del facilitador permitirá en las próximas interfaces, más opciones para la elección de los contenidos que serán utilizados en cada juego, a diferencia del alumno, en el cual los contenidos van apareciendo aleatoriamente para cada nivel de dificultad.

La interfaz que presenta B permite al usuario facilitador elegir el nivel de dificultad y los contenidos para cada uno de ellos. El juego consta de cuatro niveles de dificultad: 4, 6, 12 y 16 fichas (niveles 1, 2, 3 y 4 respectivamente), y para cada uno de estos niveles la cantidad de contenidos es variable, dependiendo de los que estén disponibles en el software. La cantidad de contenidos que estén disponibles pueden ser incrementados por el docente de forma fácil y directa insertando los medios a ocupar, sonidos e imágenes, y la edición de un archivo de texto que se encuentra en el mismo directorio del juego. Además, permite la elección del dispositivo a utilizar: teclado, joystick o tablet (por simplicidad no está disponible el icono mouse, pues su funcionalidad es la misma que con la tablet).

En C se presenta la interfaz principal del juego, en ella se encuentran disponibles distintas opciones dependiendo del tipo de usuario elegido. Para ambos, facilitador y aprendiz, las opciones disponibles son: grilla de posición de tarjetas, puntaje acumulado, tiempo transcurrido, reinicio del juego, ver registro y salir. Para el facilitador se encuentra disponible la opción de cambiar de contenido y nivel de dificultad, y para el aprendiz la opción de cambiar de nivel de dificultad, pero con elección de contenidos aleatorio.

En D se muestra la interfaz del registro de todos los movimientos del aprendiz en el software. Las opciones disponibles son: guardar el registro en un directorio específico, imprimir el registro o volver al menú principal.

Interacción con el sistema

Desde la primera interfaz, el software permite la interacción con todos elementos disponibles (botones, cuadro de texto, etc.) a través del teclado. Para cada interacción posible el sistema genera un feedback visual de alto contraste para ser percibido por los niños con visión residual y un feedback auditivo.

En la interfaz principal de AudioMemorice el aprendiz debe moverse a través de la grilla e ir destapando las fichas que corresponden. Cada celda tiene asociado una nota musical que caracteriza su posición en la grilla (2 octavas en la escala musical distribuidas de forma horizontal). El sonido es escuchado al momento de desplazarse a alguna de ellas. Al destapar una ficha se hace visible el elemento asociado a ella y se ejecuta el feedback auditivo del elemento (ejemplo: si el elemento es una imagen de un auto, se genera el sonido de un auto en la calle). Para cada par de destapes correctos se entrega un feedback auditivo de "pareja correcta" y luego, al término de todos los pares, se indica la cantidad de tiempo utilizado, el puntaje alcanzado y un feedback auditivo de término del juego.

Interfaces de input y output

La forma de moverse a través de la grilla depende del dispositivo que se elija en la sección de contenidos (teclado, mouse, joystick o tablet).



Figura 3. Interfaces de input

Interacción con el teclado

La distribución de las teclas a utilizar fueron determinadas por convención, ya que los software anteriormente diseñados para el trabajo con ciegos, definieron estas teclas como las más accesibles por los niños. Para seleccionar las fichas de la grilla se utilizó la barra espaciadora del teclado. Para seleccionar las demás opciones del software (nivel de dificultad, botón salir), se utilizó la tecla Tab.

Interacción con el joystick

El joystick SideWinder de Microsoft junto al Xtra RavJoystick para Macromedia Director, nos permiten regular la posición del usuario en la grilla y dar retroalimentación directa con distintas fuerzas en el mismo joystick. Para el joystick se generan fuerzas contrarias al movimiento por cada cambio de posición de una ficha a otra, y además, fuerzas vibratorias que indican el tope con los bordes de la grilla (arriba, abajo, izquierda y derecha).

A diferencia del teclado, el uso del joystick con forcefeedback, permite al usuario interactuar con el software de manera directa, entretenida e interactiva, dejando así al niño la libertad de utilizar los distintos grados de libertad que posee el dispositivo.

Interacción con tablets

El uso de la tablets Wacon consistió en poner sobre la tableta una grilla de plástico, la cual define en cuadrícula la posición de cada ficha a destapar, de la misma forma que el mouse, el lápiz de la tablet es el input para apuntar y seleccionar algún elemento.

Registro

Esta es la sección en la que el facilitador puede guardar todos los movimientos del alumno que realizó en la grilla para algún nivel y contenido elegido. Si el usuario no ha interactuado con anterioridad con AudioMemorice, creará una nueva carpeta con el nombre del usuario y guardará los movimientos en un archivo de texto para un posterior análisis. Si el usuario ha jugado previamente, se le agregará un nuevo archivo al directorio correspondiente. Todos estos registros quedan almacenados en una carpeta llamada usuarios, la cual se encuentra en la misma ruta que el juego (Ej.c:\windows\Escritorio\AudioMemorice\usuarios\)

ÉNFASIS COGNITIVO DE AUDIOMEMORICE

AudioMemorice fue diseñado especialmente para usuarios ciegos y limitados visuales. Posee tanto una interfaz auditiva como una visual, esta última está adaptada a las características y necesidades visuales de los niños. Teniendo en consideración las necesidades de los niños ciegos y el desarrollo psicológico de los mismos, se incluyeron temáticas educacionales en AudioMemorice para ir más allá de la entretenimiento y socialización, de manera de apoyar el aprendizaje. Los objetivos de Audiomemorice fueron establecer relaciones de correspondencia y equivalencia, potenciar el desarrollo de la memoria y distinguir nociones temporales y espaciales. Ello implica los contenidos temáticos de clasificación, correspondencia, equivalencia, pertenencia y memoria de corto y largo plazo, así como el espacio topológico: arriba, abajo, derecha, izquierda. Con ello se pretende reforzar y apoyar el aprendizaje de la orientación espacial y movilidad

También es preciso apoyar y facilitar el desarrollo de funciones lógico matemáticas, destrezas básicas y habilidades previas al aprendizaje de la operatoria matemática, con la finalidad que el niño cuente con una base sólida que posibilite el buen entendimiento de conceptos propios del cálculo. Para la lectoescritura, la memoria visual y auditiva son destrezas fundamentales para que el aprendiz pueda realizar una adecuada diferenciación entre grafemas y fonemas, y prevenir así la aparición de confusión de grafemas por orientación espacial y de fonemas con sonido similar. AudioMemorice contribuye a ejercitar tanto su memoria inmediata como mediata, desarrollando las destrezas anteriormente mencionadas, ya que el software ofrece tanto estímulos visuales para aquellos niños que poseen restos visuales, como estímulos auditivos para aquellos niños que carecen completamente de visión o sus restos no le permiten favorecerse de este recurso.

AudioMemorice incluye contenidos específicos de diferentes asignaturas del currículo educacional tradicional, tales como instrumentos musicales y música tradicional tanto chilena como internacional (educación musical), medios de transporte, flora y fauna chilena (ciencias) y sinónimos palabras con sonido final similar (lenguaje).

DISEÑO DE LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD DE AUDIOMEMORICE

Muestra

La muestra estuvo constituida por diecinueve niños, 9 niños y 10 niñas, de 6 a 15 años de la Escuela Hogar de Ciegos Santa Lucía, Santiago de Chile. Los niños poseen nivel intelectual diverso: normal, normal lento, limítrofe, bajo lo normal y deficiencia mental leve. Estos niños fueron separados en dos grupos: un grupo fue definido como usuarios convencionales y otro grupo como usuarios avanzados. Ambos grupos fueron balanceados por ceguera (10 niños) y visión residual (9 niños). Asimismo, participaron en la evaluación de la usabilidad de AudioMemorice dos educadoras diferenciales especialistas en trastornos de la visión. Dos expertos en usabilidad de interfaces de software realizaron la evaluación heurística de AudioMemorice.

Metodología

La interacción con AudioMemorice implicó las siguientes etapas: introducción, juego, entrevista, y observación. En la introducción se entrega al niño la información básica para interactuar con el software, conoce el objetivo de AudioMemorice, su estructura y función, la información que transmite cada sonido y cómo operar. Además, se indica cómo apoyarse en el material concreto de uso post interacción con AudioMemorice, especialmente diseñado para estos efectos. En el juego el niño comienza a interactuar con el apoyo del facilitador. Ante dudas y dificultades, el facilitador orienta a los niños, incitándolos a decidir por ellos mismos. Los niños juegan entre 30 y 45 minutos con el software. Al finalizar el período de interacción con AudioMemorice el aprendiz es entrevistado. Las pautas son leídas y explicadas. La entrevista se guía con la pauta de usuario final y la realiza el facilitador. La observación se realiza durante el desarrollo de cada prueba, procediéndose a completar la pauta al final de la participación del niño. La pauta de observación es llenada por el facilitador y el observador.

El escenario utilizado en los testeos de usabilidad fue en una sala de computación del Hogar de Ciegos "Santa Lucía", ubicado en Santiago de Chile. Los testeos se desarrollaron en dos ambientes similares, para el caso en que el dispositivo de entrada fuera el teclado se utilizó un computador estándar. Cuando el joystick era el dispositivo de entrada (y también de salida), se utilizó un notebook. Esto con el fin de tener habilitados ambos ambientes y no tener elementos que pudiesen distraer al niño. La disposición de los elementos y actores fue la siguiente:



Figura 4. Escenario de los testeos de usabilidad de AudioMemorice

La utilización de una cámara de vídeo para filmar las sesiones de prueba fue un elemento que pasó inadvertido para la mayoría de los niños, que dadas sus limitaciones visuales no se percataban de la presencia de la cámara, lo cual permitió que la sesión de pruebas no se viera afectada por algún cambio

de actitud o distracción del niño. Los niños no se mostraron cohibidos ante el hecho que personas distintas al facilitador estuvieran presentes en las pruebas de usabilidad.

Para el trabajo con AudioMemorice se necesitó la presencia de un aprendiz ciego o con resto visual como usuario final, un facilitador, encargado de brindar la ayuda necesaria al niño para interactuar con el software, un observador que se limitó a observar el desarrollo de la prueba, registrando los datos en una pauta de observación, y una persona que filmó y tomó de fotografías de las sesiones de prueba.

Instrumentos

Las pruebas se realizaron con los aprendices interactuando con el software en distintas tareas. La idea era que el niño pudiera interactuar con todas las áreas del software. Los instrumentos de evaluación utilizados fueron una adaptación de aquellos elaborados por Sánchez (2000), haciendo énfasis en la usabilidad las interfaces de software para niños ciegos.

Luego de identificar a los distintos participantes y sus roles en una sesión de pruebas estándar, se aplicaron pautas de evaluación a cada uno de ellos: usuario final, facilitador y observador. Además, se incluyó una evaluación heurística de usabilidad, la cual implica una inspección más elaborada por expertos de usabilidad. La usabilidad del software implica que éste sea fácil de aprender, eficiente al utilizarlo, fácil de recordar su uso, con mínimos errores y que provea satisfacción al usuario. Todas las pautas fueron modificadas y adaptadas de acuerdo a las características de un niño ciego. La pauta de usuario final se divide en tres segmentos claros: obtención de datos del software y evaluador, afirmaciones cerradas con una escala que va de 1 a 10 y abiertas con preguntas enfocadas a obtener apreciaciones del niño, tales como: ¿qué les agradó del software?, ¿qué no les agradó?, ¿qué pueden aportar al software?, ¿para qué creen les puede servir el software?, ¿qué les pareció el dispositivo de input utilizado para interactuar? La pauta fue leída y explicada íntegramente al niño por el facilitador para su interpretación. Nos interesó saber si el nivel del aprendiz era promedio o avanzado, ya que cada ítem de usabilidad puede variar de acuerdo al uso y necesidad que va surgiendo al alcanzar niveles más altos en la utilización del software.

La pauta del facilitador consideró a éste como un usuario final, con características e intereses distintos a los de un niño ciego, ya que su objetivo es facilitar la interacción entre el software y el niño. Su acción debe tender a desaparecer en función del desarrollo que logren estas aplicaciones en el futuro. El facilitador se desempeña manejando interfaces que modifican características del juego, además de brindar apoyo durante el desarrollo del mismo. Esta pauta consiste en afirmaciones cerradas que intentan cubrir elementos de usabilidad enfocados a usuarios que juegan un papel preponderante en la utilización y evaluación del software. Importante fue determinar la eficiencia que podía lograr el facilitador al interactuar con el software.

La pauta de observación fue utilizada por el facilitador y en algunos casos por un observador, cada uno con una mirada diferente. Uno al interactuar directamente con el niño y el otro observando. Varias afirmaciones se realizaron teniendo presente hacia donde debe evolucionar el software para niños ciegos.

La evaluación heurística tuvo por objetivo evaluar la usabilidad de una interfaz mediante una inspección sistemática. Un pequeño grupo de evaluadores examinan la interfaz y juzgan si cumple con los principios universalmente reconocidos de usabilidad de interfaces de software. La ventaja de la evaluación es que ofrece resultados confiables, dado que los evaluadores son personas calificadas o expertos, además de identificar problemas de usabilidad obvios al software, que fueron inadvertidos por los desarrolladores. El cuestionario de evaluación heurística fue elaborado por Sánchez (2000), sobre la base de las ocho reglas de oro de B. Schneiderman (1998) y las diez heurísticas de usabilidad de J. Nielsen (1993), y otras aportadas por el autor. Con todo, la pauta considera doce heurísticas de interfaces: visibilidad del estado del sistema, relación entre sistema y mundo real, control del usuario y libertad, consistencia y estándares, prevención de errores, reconocer en lugar de recordar, flexibilidad y eficiencia de uso, estética y diseño minimalista, reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores, ayuda y documentación, tratamiento del contenido, y velocidad y medios.

Material concreto

La utilización de objetos tangibles en las sesiones de testeo de usabilidad surgió de la necesidad de formar un modelo mental en los niños de la operatividad del software, representando de forma concreta su estructura y explicando su funcionalidad. El diseño del material utilizado se puede dividir en dos etapas: Escenario Global y Escenario Específico. El escenario Global es la representación del ambiente completo del software (ver Figura 5a y 5b). Esto se puede diseñar dependiendo de las características de la aplicación, dividiendo el material de acuerdo a las pantallas, escenarios de juego, etc. Lo que se persigue específicamente es que el usuario se forme el modelo del juego a través del tacto, construyendo objetos sin mayor detalle. Los diseños se construyen con el fin de ubicar al usuario en el software, de manera que modelen los escenarios del software en forma completa.

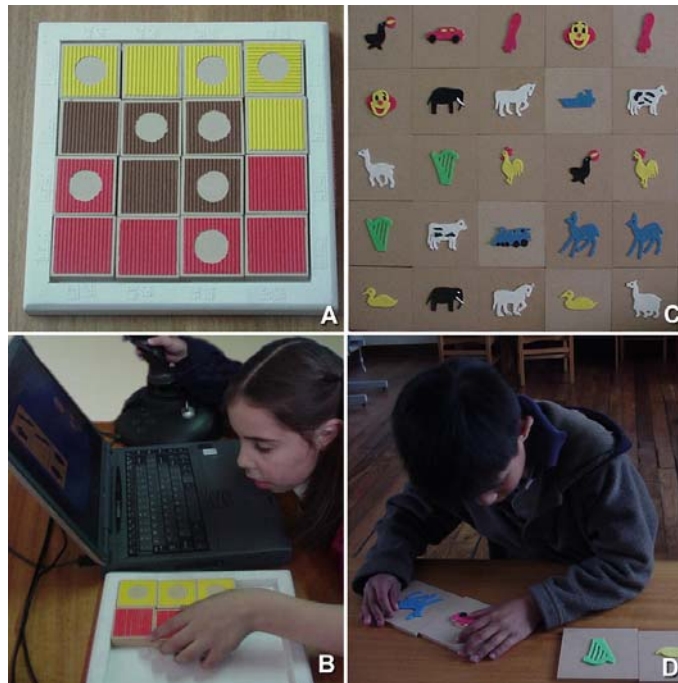


Figura 5. Ejemplos de material concreto del escenario global (a y b) y específico (c y d) del software

El escenario específico es la modelación de los objetos específicos, manejando características más detalladas de la aplicación (ver Figura 5c y 5d). Tiene un fin pedagógico más que formar el modelo mental en el usuario, dado que con ello los niños aprenderán acerca de los objetos que intervienen en el juego.

El apoyo con el material concreto mejoró notablemente el entendimiento del software, además de dar información al usuario durante el desarrollo del juego. Esto último se realizó indicando a los niños cómo debían mantener actualizado el tablero en relación con lo que ocurría en el software.

Para los niños con visión residual no se utilizó el material concreto, dado que ellos se apoyan en la interfaz gráfica del software. Un niño con resto visual puede obtener bastante información de la pantalla, y puede ser un parámetro importante de comparación, para saber si el software está entregando lo necesario para la interacción con un niño con ceguera total.

Interacción del niño ciego

En el testeo de usabilidad no se perdió de vista que lo que se está evaluando es el software y no el usuario, y que las observaciones que se realicen son para mejorar la calidad del software. El niño realizó tareas asignadas por el facilitador utilizando AudioMemorice, pretendiendo analizar el grado de aceptación y satisfacción del niño ciego al utilizar el software (ver Figura 6).



Figura 6. Interacción del niño ciego

Participación del facilitador en los testeos del niño

La mediación del facilitador entre el software y el niño siempre se limitó a la entrega de información que no provee la aplicación en forma audible, instándole a decidir por ellos mismos. La intervención se genera por dos razones principalmente: el niño solicita ayuda o se observa al niño desorientado en el juego. El objetivo es realizar testeos que permitan generar observaciones para mejorar el software.

La intervención más común se produjo al observar desorientado al niño, presentándose con mayor frecuencia en las primeras intervenciones del niño, cuando aún no se forman el modelo mental de software, por lo que es recomendable plantear en las primeras interacciones una mayor ayuda del facilitador, a menos que el software provea un orientador de interacción (ver Figura 7).



Figura 7. El facilitador interactúa con los niños en una de las actividades

Testeos al facilitador

Se definieron las actividades que atañen al facilitador dentro de la mediación aprendiz-software. Con ello se elaboraron una serie de tareas para evaluar la usabilidad del software desde el punto de vista del facilitador. Se aplicaron medidas de eficiencia y productividad con el uso de AudioMemorice, dado que su objetivo es apoyar a los niños en el desarrollo de las tareas (ver Figura 8).

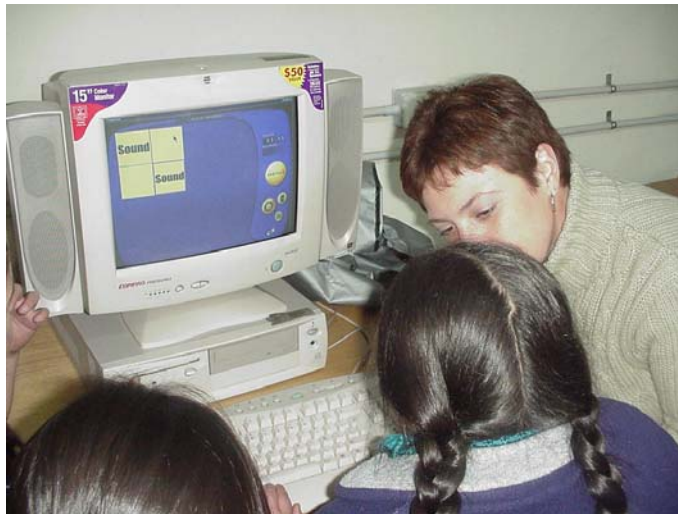


Figura 8. La facilitadora y una aprendiz responden una pauta de usabilidad

La aplicación de la evaluación heurística fue compleja, ya que no es fácil encontrar expertos en software para niños ciegos, por lo que se realizó con evaluadores expertos que no tenían experiencia en este tipo de aplicaciones, capacitándolos en aspectos sobre cómo evaluar, qué parámetros utilizar y qué analogías hacer entre un software para niños videntes y niños con discapacidad visual. El atributo preponderante de la usabilidad a calificar fue la satisfacción del usuario final.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE AUDIOMEMORICE

Una de las conclusiones más importantes de la evaluación de AudioMemorice se encuentra en la respuesta a la afirmación “Me sentí controlando las situaciones del software”, que nos entregó un feedback importante respecto a la información que percibe un niño con resto visual en su interacción con AudioMemorice y que un niño ciego no puede percibir. Los niños con remanente visual se sintieron más orientados y controlando el juego, con un promedio de calificación de 8.82 (de un máximo de 10). Los niños ciegos otorgaron en promedio la calificación 5.4 a esta pregunta. Esto sin duda se debió a la falta de más parámetros sonoros del software que permitan interactuar expeditamente sin información gráfica. Las Figuras 9 y 10 muestran claramente esta conclusión.

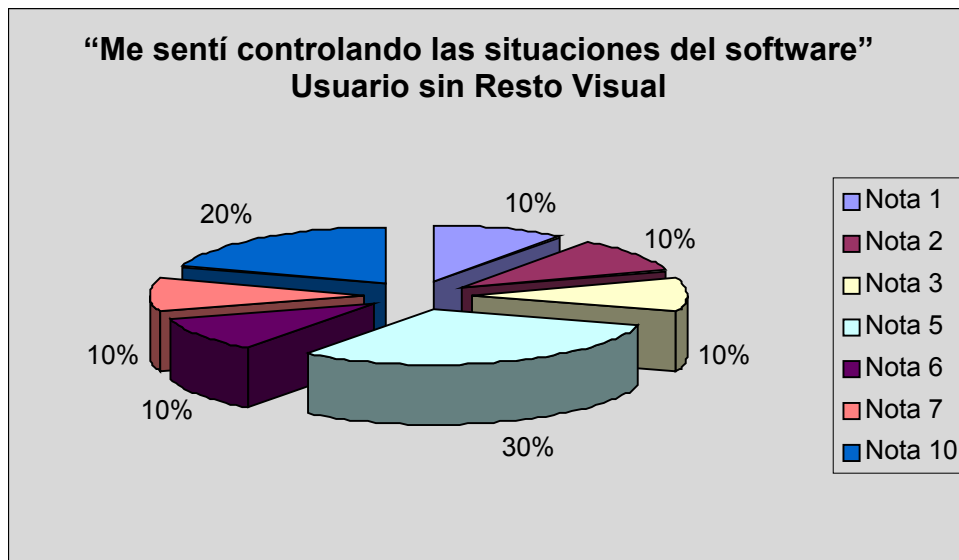


Figura 9. Evaluación de niños sin resto visual a la afirmación “Me sentí controlando las situaciones del software”

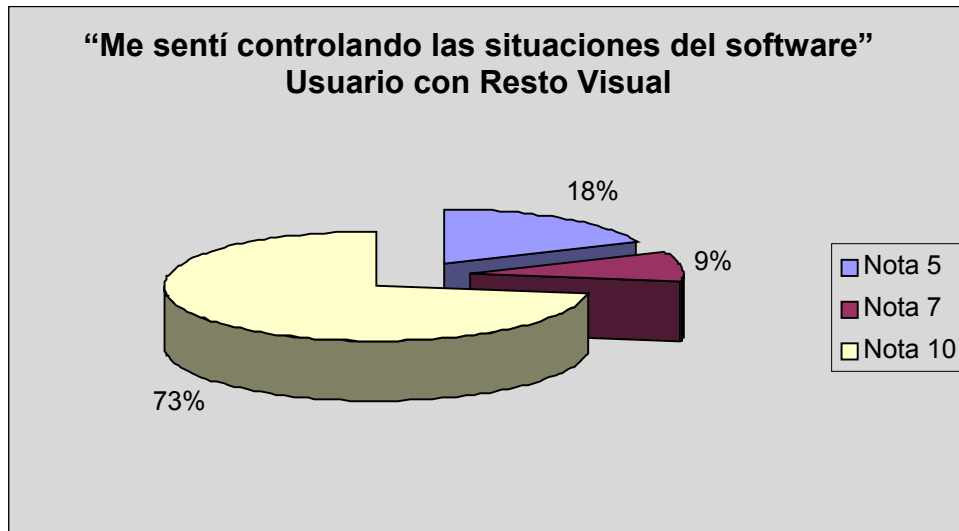


Figura 10. Evaluación de niños con resto visual a afirmación “Me sentí controlando las situaciones del software

Para reafirmar la conclusión anterior, nos apoyamos en la afirmación “El software es fácil de utilizar”, donde claramente los usuarios con resto visual calificaron con puntaje más alto al software y el 100% de ellos puso nota 10. Los niños sin resto visual calificaron esta afirmación con un 9.2. La Figura 11 muestra la dispersión en la calificación de los niños sin remanente visual.

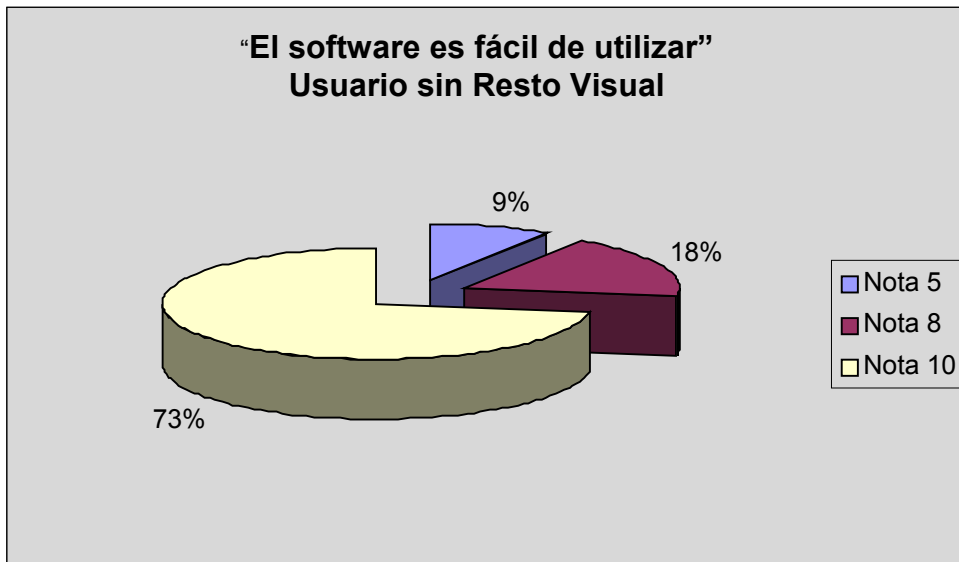


Figura 11. Evaluación de niños con resto visual a afirmación “El software es fácil de utilizar”

El atributo más importante de la usabilidad en el software para niños ciegos es la satisfacción. Por esto, la pauta de evaluación del usuario final posee en su gran mayoría afirmaciones enfocadas a la satisfacción del niño. Las afirmaciones más representativas son: 1. “Me gusta el software”, 2. “El software es entretenido”, 5. “Volvería a jugar con el software”, 12. “El software es motivador”, 15. “Me gustan los sonidos del software”.

La evaluación de estas afirmaciones se gráfica en la Figura 12. Se puede observar una calificación promedio menor en los niños ciegos comparada con los niños con resto visual, siendo para ambos una alta calificación. Esto que nos indica que el software tiene un gran potencial al tener satisfechos a los usuarios finales luego de utilizarlo.

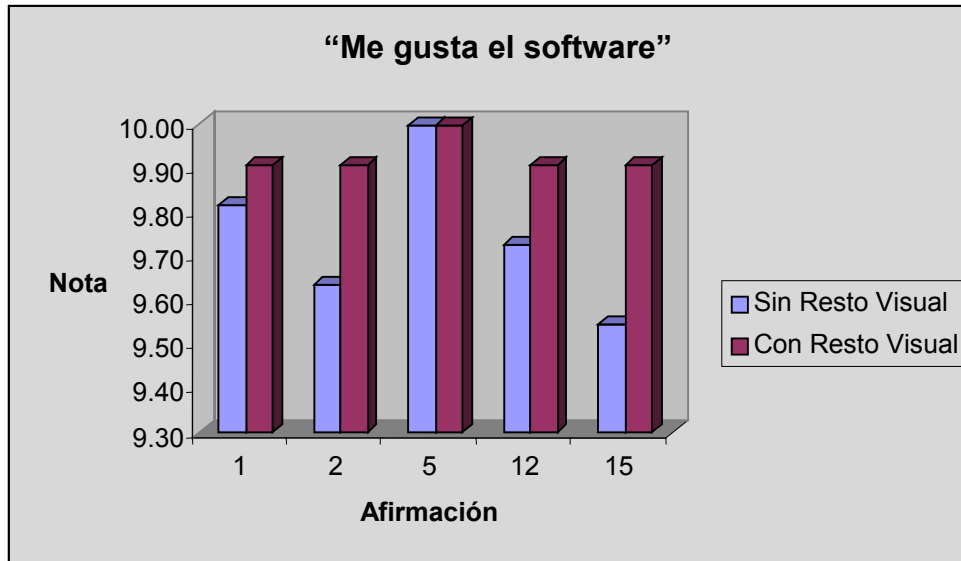


Figura 12. Evaluación a la afirmación “Me gusta el software”

La percepción del sonido también es un elemento diferenciador para usuarios con o sin resto visual, debido a la diferencia en la importancia que puede tener para uno u otro tipo de usuario. Esto se debe a la necesidad de los niños ciegos de recibir estímulos claros y significativos, a diferencia de un niño con resto visual que se apoya en la interfaz gráfica para interactuar con el software. La Figura 13 reafirma esto al mostrar que los niños ciegos calificaron con menor puntaje los sonidos del software que los niños con remanente visual.

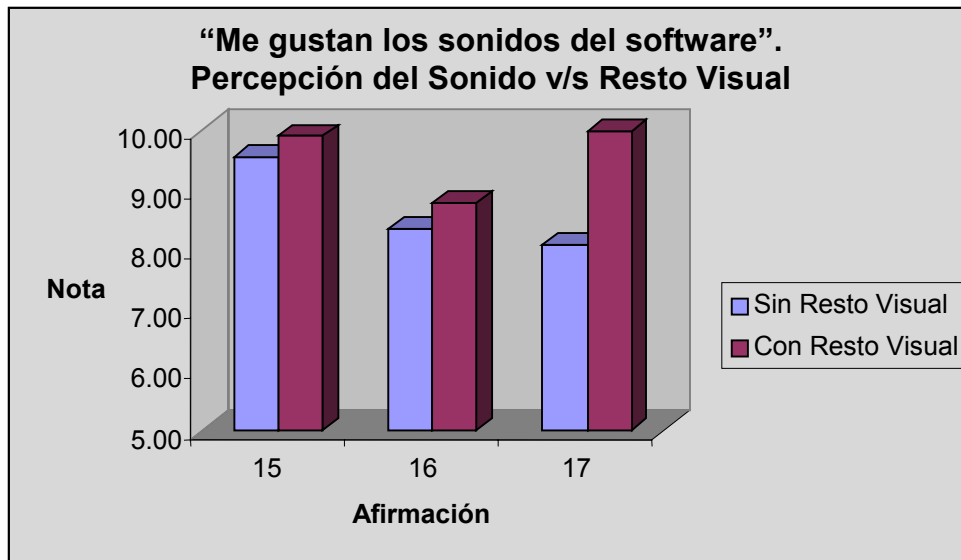


Figura 13. Evaluación a la afirmación “Me gustan los sonidos del software”

Los niños no se destacaron por responder activamente a las preguntas abiertas, donde se necesita que den su opinión respecto a un tema. Ante la pregunta ¿Qué te gustó del software AudioMemorice?, la respuestas fueron “todo”, “los sonidos”, “la música”. Sin distinción de sexo, con o sin resto visual, todos respondieron de forma similar, no hubo respuestas muy distintas.

Cuando les preguntamos ¿Qué no te gustó del software?, la mayoría de los niños respondieron “nada”, “me gustó todo”. Las respuestas diferentes fueron: “Algunos sonidos son demasiado cortos”, “hay sonidos poco claros”. Las observaciones respecto a los sonidos en general provinieron de niños sin resto visual.

En relación con las pregunta ¿Qué agregarías al software?. la respuesta fue: “más sonidos” y “más instrumentos”. Esto es algo relevante, dado que el software provee entre sus funcionalidades agregar nuevos temas, fichas gráficas y sonidos de cualquier tipo, entregando a los usuarios el requerimiento más solicitado en los testeos de usabilidad. Con ello se puede argumentar que su principal potencialidad es entregar al usuario un amplio ámbito de acciones basadas en audio.

Las preguntas ¿Para qué crees que te puede servir el software?, y ¿Qué otros usos le darías al software?. Obtuvieron respuestas como: “para entretener”, “para ejercitar el oído”. En la mayoría de los casos los niños no sabían qué responder. La pregunta ¿Te gustó utilizar el joystick forcefeedback?, ¿Por qué?, se analiza más adelante.

En cuanto a las respuestas del observador se corrobora con la información obtenida de la calificación de los niños ciegos. En la Figura 14 se muestra el promedio de todas las observaciones realizadas. Se observa una mejor calificación en general de los niños con resto visual, valorando la calidad de información visual y audible que entrega el software.

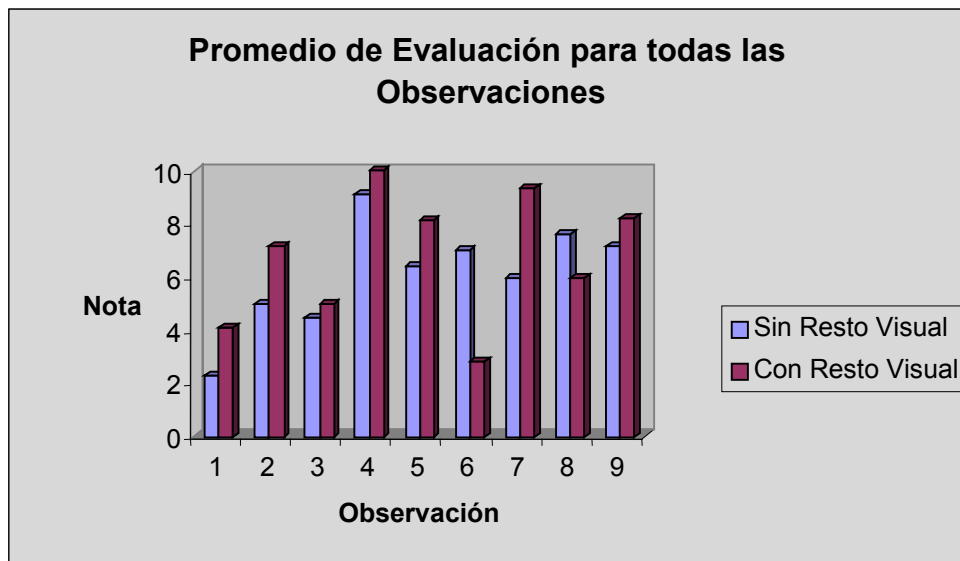


Figura 14. Promedio de evaluación para todas las observaciones

En cuanto a la respuesta a la pregunta “El niño puede interactuar con el software sin ayuda”, se observa en la Figura 15 que los niños que poseen resto visual lograron interactuar con el software de forma más independiente que los niños ciegos. La observación “Solicita ayuda al facilitador”, entrega un resultado similar.

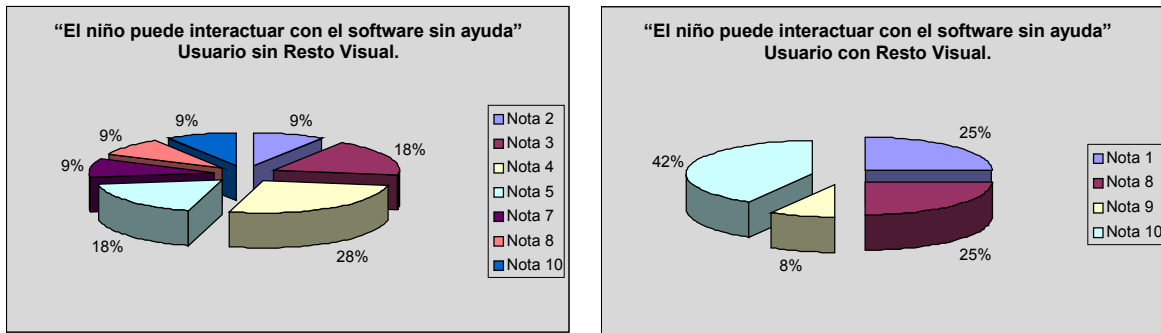


Figura 15. Observación “El niño puede interactuar con el software sin ayuda”

En cuanto a la observación “Maneja el software flexiblemente”, que nos entrega información de cómo se vieron los niños interactuando con el software, indicándonos que los niños con resto visual lograron manejar con menor dificultad el software en comparación con los niños ciegos (ver Figura 16).

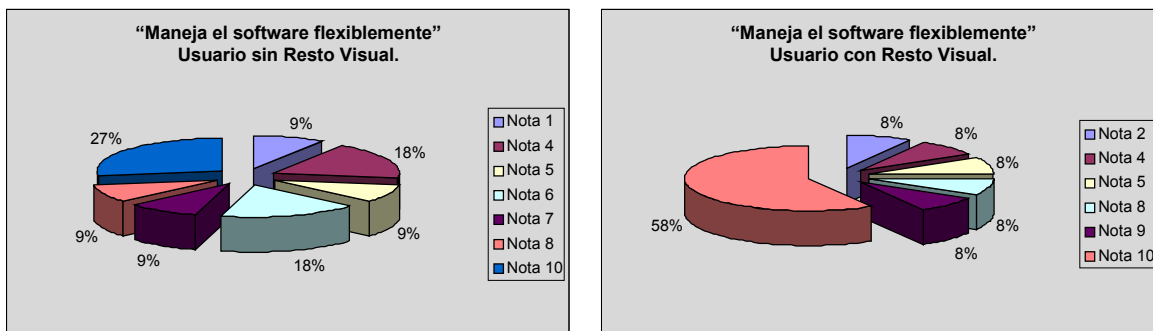


Figura 16. Observación “Maneja el software flexiblemente”

En cuanto a la observación “El niño comprendió lo que sucede en el software”, la visión en esta observación (Figura 17) no fue la excepción y la comprensión de lo que ocurría en el software dependió de la información gráfica, observándose que los niños sin resto visual tuvieron mayores dificultades para entender el juego.

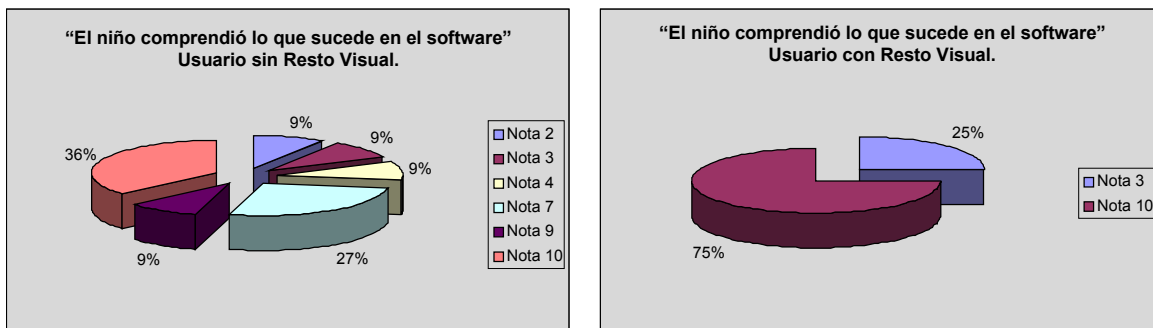


Figura 17. Observación “El niño comprendió lo que sucede en el software”

Para todas las observaciones debemos tener presente el desarrollo cognitivo de un niño ciego, por lo que no podemos pensar que el software AudioMemorice es deficiente en su interfaz audible, lo que explicaría la dispar evaluación entre niños con o sin resto visual. Los niños ciegos en general tienen un desarrollo retardado de su intelecto, además de formarse el mapa mental de su entorno de manera distinta. Luego, es bastante predecible que en general el niño ciego asigne una calificación menor al software, comparado con un niño con remanente visual bajo.

Los observadores incluyeron comentarios en cada una de las afirmaciones, destacándose el siguiente texto “el niño se observa muy motivado”, lo cual nos indica que el interés de los niños por el software siempre fue alto, a pesar de sus dificultades de usabilidad. De todos los testeos realizados sólo una niña no demostró motivación al jugar con el software, no por encontrarlo aburrido, sino por encontrarse cansada. Esto reafirma el comentario de los observadores en relación a que el software es del gusto de los niños.

En cuanto a la evaluación realizada por el usuario Facilitador, el procedimiento utilizado en la evaluación del facilitador consistió en ejecutar tareas, para posteriormente entregarles una pauta para calificar el software. El promedio de evaluación de cada una en la Figura 18.

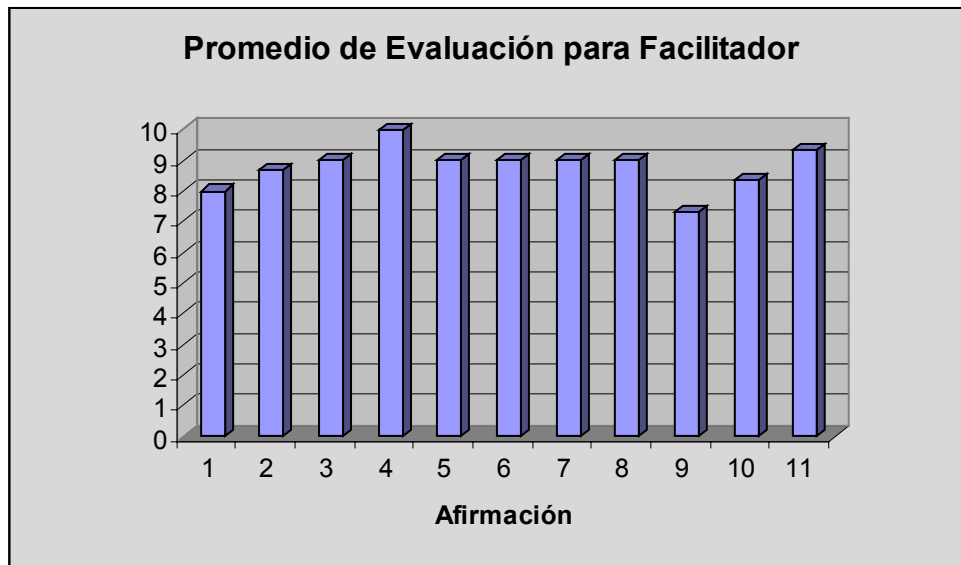


Figura 18. Promedio de evaluación para el facilitador

Los resultados de la ejecución de tareas y las calificaciones obtenidas para la sección del facilitador nos indican que el software tiene un alto índice de usabilidad para este usuario. Esto implica que el software es usable para el usuario final, siendo más simple para el facilitador entregar ayuda al niño ciego cuando interactúa con AudioMemorice.

Las tareas confeccionadas para el facilitador se basaron en la realización de acciones que deben ejecutar al ayudar a un niño ciego en la selección de opciones de juego. A partir del análisis y la observación de las tareas se obtuvo que la sección del menú donde se selecciona nivel y contenido del juego es demasiado pequeño, causando dificultad para realizar la selección (ver Figura 19).



Figura 19. Menú en sección del facilitador de AudioMemorice

Otro punto que causa dificultades a los usuarios facilitadores es el ingreso del nombre del aprendiz (ver Figura 20). Al existir en el mapa mental de los usuarios que la tecla Enter ejecuta una acción de finalización de ingreso de datos al casillero, y que por ello debería pasar a la siguiente pantalla. El problema se presenta al crear una nueva línea de ingreso de texto. Este error no es de vital importancia, pero fue necesario corregirlo.



Figura 20. Pantalla de ingreso de nombre de jugador.

La evaluación heurística se realizó con tres personas, dos de las cuales tienen experiencia en software para niños ciegos. Para analizar la Figura 21 se debe considerar que mientras más bajo el valor promedio de la evaluación, mejor es el logro, por ejemplo, el mejor aspecto evaluado por los especialistas fue la categoría VIII, estética y diseño minimalista, con un promedio de evaluación 1,33.

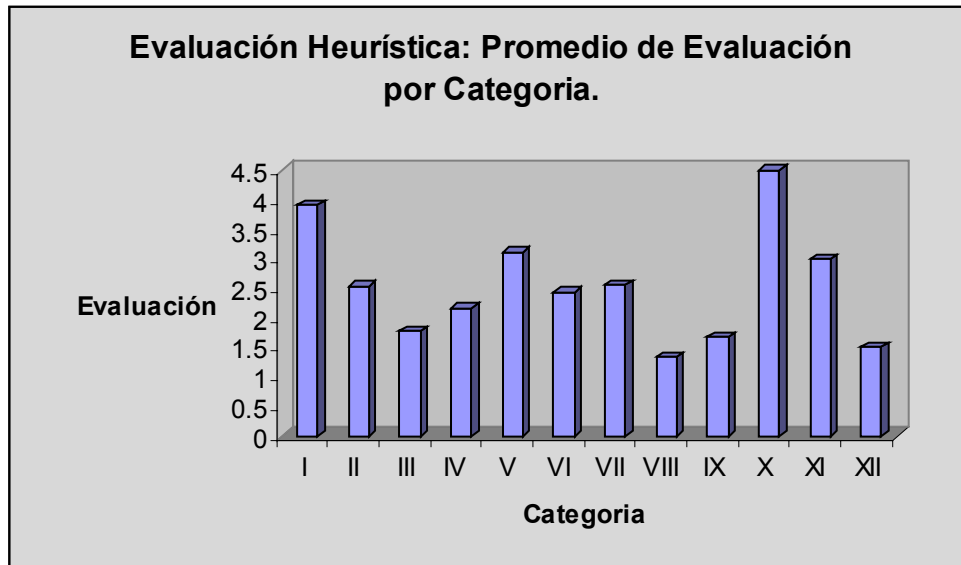


Figura 21. Evaluación heurística: promedio de evaluación por categoría

Para elaborar el gráfico de la Figura 21 se calculó el promedio de evaluación para cada afirmación y luego se promediaron los resultados anteriores por categoría. Las tres categorías mejor evaluadas del software son: 1. Estética y diseño minimalista, 2. Flexibilidad y eficiencia de uso, y 3. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores.

Las tres categorías con más baja evaluación del software son: 1. Ayuda y documentación, 2. Visibilidad del estado del sistema, y 3. Prevención de errores. Este gráfico no entrega tanta información como el análisis de los resultados de cada afirmación, la cual nos entrega una serie de observaciones y recomendaciones. Los resultados de este análisis se entregan más adelante.

La evaluación del joystick forcefeedback realizada por los niños se basó en una pregunta del cuestionario “¿Te gustó utilizar el joystick?, ¿Por qué?”.

Respuesta	Resultado	Frecuencia
Hay que moverlo mucho	Negativo	1
Sí porque es entretenido.	Positivo	3
Me gustó más por cómo se mueve la palanca	Positivo	1
No mucho, porque tiritaba mucho	Negativo	1
Es más difícil de controlarlo que el teclado	Negativo	1
Sí, porque me imaginaba estar en un auto	Positivo	1
Es más fácil que teclado	Positivo	4
Sí, porque uno lo puede manejar	Positivo	1
Sí, porque nunca había jugado con uno	Positivo	2

Tabla 1: Respuesta de niños a la pregunta “¿Te gustó utilizar el joystick?, ¿Por qué?”.

Los resultados se presentan en la Tabla 1, indicando que de los 15 niños que utilizaron el joystick, el 80% de ellos lo prefirieron. Una de las observaciones destacadas señala: “Al alumno le acomoda más trabajar con el joystick, ya que opina que le entrega mejor la información”.

El desempeño de los niños en el juego utilizando el joystick no se vio afectado, lo que nos indica que la información entregada por la retroalimentación de fuerzas fue bien entendida por los niños, reafirmado con la observación rescatada de las pautas. En forma adicional a la buena aceptación y uso de este dispositivo, es un muy buen apoyo para la interacción, al otorgar un nuevo medio para el traspaso de información (input/output), evitando la excesiva presencia de sonidos que pueden terminar por confundir al usuario.



Figura 22: Proceso de aprendizaje para la utilización del joystick forcefeedback

Otra ventaja que entrega el joystick es el número de botones y su diseño funcional, lo cual es un valor agregado en comparación con el teclado, que tiene muchas teclas y se torna complicado de utilizar en la interacción (ver Figura 24). Un detalle importante es el tamaño del joystick utilizado, el que fue grande para algunos niños, por lo que es importante proveer alternativas de selección voluntaria de dispositivos de interacción para los usuarios finales. La evaluación del uso del teclado fue también positiva, ya que la interacción utilizando este clásico dispositivo también fue exitosa.



Figura 23. Francisco utilizando el joystick

DISCUSIÓN FINAL

Los resultados de este estudio de evaluación de la usabilidad del software AudioMemorice nos indican que para su mejor uso se requiere la presencia de un facilitador para apoyar al aprendiz con discapacidad visual. Los aspectos que tanto aprendices como facilitador del software detectaron como débiles en el software se discuten en los siguientes párrafos.

La información de la posición fue uno de los aspectos débiles, la posición del cursor dentro del juego se entrega a través de notas musicales en forma audible, gráficamente se indica con un recuadro color rosado. La Figura 24 ilustra cómo funciona el nivel cuatro de AudioMemorice.



Figura 24. Feedback auditivo que proporciona el software en el cambio de fichas

Esta funcionalidad no fue percibida por los niños, ya que al advertirles la presencia de esta no la utilizaron. Para ubicarse pedían ayuda al facilitador o utilizaban la función que indica si se está tratando de hacer un movimiento hacia fuera del tablero. En cuanto a las fichas giradas, un niño ciego no tiene la posibilidad de saber qué fichas ya han sido giradas definitivamente al aparejarlas, al no tener esta información piensa que siguen todas las fichas ocultas. La solución es que al pasar por una ficha ya girada, que el sonido asociado sea distinto al de una ficha oculta. El software carece de un sonido que advierta sobre la finalización de un juego, se requiere de un indicador de fin de juego. Los marcadores de tiempo y puntaje pasaron inadvertidos para los niños.

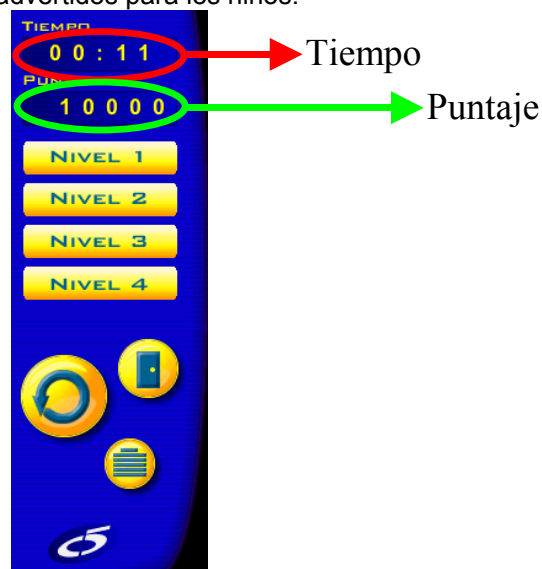


Figura 25. Indicadores de tiempo y puntaje

Lo diminuto de los números atentó en contra de estos indicadores. Sí se indica a través de una voz al final del juego el puntaje y el tiempo, es posible que estos sean considerados por los niños (ver Figura 25).

Los sinónimos también fueron una dificultad para el niño. El software en el nivel cuatro en la opción lenguajes, crea una inconsistencia al tener como fin juntar sinónimos y no pares similares. Lo deficiente no es la opción de sinónimos, sino que no exista nada que indique este cambio.

En cuanto a la gráfica dirigida a los facilitadores, la elección de colores de este sector del software presenta una gama que fatiga la vista a personas sin deficiencias visuales. La proposición de mejoramiento es bajar el contraste, o dar opciones de “skin” al usuario facilitador. Puede que este detalle no sea muy significativo para este software, dado el poco tiempo que está el facilitador interactuando con el software, pero puede ser importante para tiempo prolongados de exposición en otras aplicaciones.

Es necesario incluir un descriptor de estado y un descriptor de ficha. Al girar una ficha el niño puede escuchar cierto sonido y no necesariamente lo conoce, lo ideal es que el usuario tenga acceso a una funcionalidad que le señale a qué corresponde el sonido. Tal vez, una breve descripción o historia del objeto al cual representa el sonido. Un indicador de usuario, nivel y tema es necesario. La observación surge de la evaluación heurística y consiste en que no se tiene información relacionada al juego de quién está jugando, el nivel y el tema. La utilización de la funcionalidad de agregar nuevos sonidos e iconos es difícil de ejecutar al no proveerse ninguna interfaz que dé al usuario la información de lo que debe hacer, los pasos a realizar, o si la nueva categoría es de parejas o sinónimos.

La principal fortaleza de AudioMemorice es que es del gusto de los niños. Al analizar las reacciones de los niños y las estadísticas de las encuestas, podemos señalar que el software fue de mucho agrado para los niños. La satisfacción luego de jugar con Audio Memorice nos indica que el software tiene lo necesario para ser exitoso.

Otro plus del software es la posibilidad de incluir nuevos objetos y sonidos. La respuesta más recurrente al consultar a los niños sobre qué agregarían al software fue “más música”, “más sonidos”. Al permitir agregar nuevos objetos y sus respectivos sonidos, el software se muestra muy robusto al dejar al usuario con la decisión de los sonidos que desee agregar. Con esto, los contenidos posibles del software son ilimitados, permitiendo ser aplicado en distintos ámbitos, regiones, lenguajes, etc.

La gran calificación que realizaron los niños al software, dado sus objetivos pedagógicos, es muy destacable, ya que permite aprender entretenidamente. Ello motiva a que en próximas aplicaciones se utilice AudioMemorice con nuevos temas y contenidos para apoyar el aprendizaje del niño con discapacidad visual.

Una de las principales fortalezas de este estudio está relacionada al uso de material concreto, el cual facilita de manera importante el entendimiento y uso del software. La formación del modelo mental en los niños se aceleró al momento de utilizar objetos tangibles que modelaran lo que estaba ocurriendo en el software. Se concluye, entonces, que es indispensable el empleo de material concreto para la formación del modelo mental en el usuario. Los niños ciegos basaron su interacción en el software a través del material concreto.

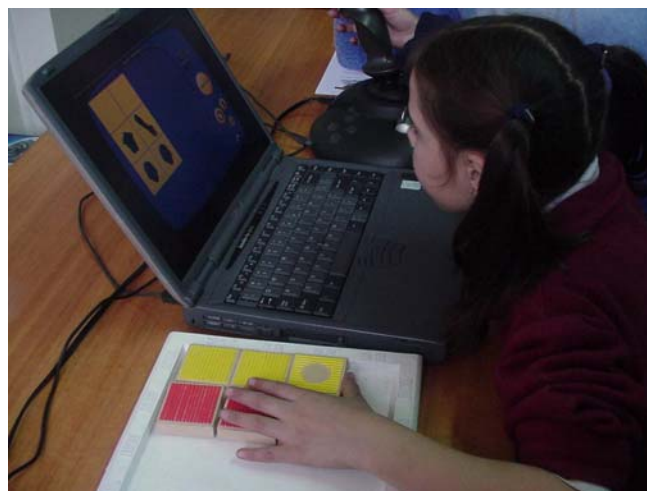


Figura 26. Material concreto de Audio Memorice siendo utilizado por niña

El material concreto asiste al usuario manteniéndolo informado del estado en que se encuentra el juego. Por ejemplo, los niños interactuando con Audio Memorice podían saber cuáles fichas ya habían volteado y cuáles fichas les faltaba aparejar. Este uso se acentúa en las etapas complejas del software, donde se debe utilizar más la memoria.

Luego de trabajar en terreno con niños con discapacidad visual por cerca de tres meses, se pudo observar y comprobar que sus requerimientos de software se basan principalmente en la satisfacción, lo cual no difiere de un niño sin discapacidad visual. Existe una alta dependencia de un niño ciego con el facilitador para recibir ayuda, las herramientas de aprendizaje que se proveen no entregan todo el feedback necesario para desenvolverse en una interacción fluida e independiente. En cambio, un niño con resto visual tiene la posibilidad de obtener información desde la pantalla, haciendo menos indispensable la participación del facilitador.

AudioMemorice puede mejorar su Interfaz auditiva, entregando más información por esta vía. La información de estado, la ocurrencia de todas las actividades no la puede manejar un niño ciego, por lo que se hace necesario de alguna funcionalidad que indique algunos eventos. Los problemas de inconsistencia al cambiar objetivos del juego, sin indicar debidamente esto, al pasar de encontrar pareja a sinónimos. Falta de información útil para el facilitador.

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación heurística y la experiencia que se obtuvo en cada testeo, se concluye que el software podría incorporar algunas características y funcionalidades necesarias para lograr que los niños y el facilitador pudiesen interactuar de mejor forma y así obtener un producto completo. Las características deficitarias de usabilidad del software son de fácil corrección y no afectan de gran forma a los usuarios. Esto se evidencia por la evaluación sobresaliente que los niños participantes hicieron en los testeos, indicándonos que tiene grandes potencialidades al dejar satisfechos a sus usuarios. La principal deficiencia de AudioMemorice y en general del software para niños ciegos es la falta de información sobre lo que ocurre, requiriendo un mayor número de iconos y estímulos auditivos, para que los usuarios puedan tener mayor control, sin necesidad de recibir ayuda del facilitador.

Las potencialidades de AudioMemorice también están en los temas que puede abarcar, al permitir agregar nuevos contenidos y hacer posible que sus aplicaciones sean ilimitadas. Con ello permite a cualquier usuario agregar nuevos temas de acuerdo a su interés, modificar sonidos y lenguajes. Apoyados en la respuesta de los niños ante la consulta ¿Qué agregarías al software?, siempre se obtuvo más sonido o más música.

Como resultado de este estudio podemos decir que un software a partir de sus objetivos, debe proveer herramientas mínimas para realizar las actividades. Existen ciertos parámetros a considerar para el diseño de nuevas aplicaciones. La accesibilidad de comandos, proveyendo a los niños de las herramientas necesarias para interactuar con el software, permitiéndoles realizar actividades sin la necesidad de solicitárselas al facilitador. La información audible, junto con entregar toda la información necesaria durante el juego, es muy importante dar al usuario la información de estado, que es una entrega de datos sobre el desarrollo del juego y que el niño no puede manejar por ser un número grande de variables. El cambio de interfaz gráfica a interfaz sonora se debe realizar en todo sentido, entregando información a través de sonidos al usuario durante el juego y también en la interacción con menús. Siempre se debe tener en cuenta que un usuario ciego no puede mantener en su memoria un gran número de datos involucrados en el software, por lo que se debe proporcionar al usuario herramientas que provean toda la información del juego, logrando con ello obtener una interfaz sonora sólida, que haga posible que un usuario ciego pueda interactuar de forma independiente.

La utilización del joystick con forcefeedback introdujo un nuevo ámbito de acción en el tema de software para ciegos, con la posibilidad de entregar información y sensaciones por medio del tacto, a través de retroalimentación de fuerza. La utilización de este nuevo dispositivo tiene como consecuencia importante una disminución en los estímulos auditivos, aminorándose la contaminación acústica. El joystick es un dispositivo con mucha potencialidad de uso, debido a que provee una cantidad suficiente de botones, está desarrollado para las características físicas de un niño en cuanto a peso del mismo, tamaño, disposición de los botones, etc., por lo que se facilita mucho el uso de un software si está implementado

para ser usado con este joystick. La experiencia con los niños utilizando el joystick fue positiva, ya que se comprobó que la información entregada por el forcefeedback fue comprendida por los niños. Ante la consulta ¿qué dispositivo preferían: joystick o teclado?, la selección fue mayoritariamente el joystick. La gran mayoría de los niños seleccionaron el joystick por la información que transmitía por retroalimentación de fuerza y por lo novedoso del dispositivo. Entre los argumentos para no seleccionar el joystick se dijo que resultaba agotador su uso.

Un estudio interesante como continuación de este trabajo es acerca de la organización y composición estándar de menús y comandos en software para niños ciegos, analizando la usabilidad de los menús que se puedan proveer para ser utilizados íntegramente por usuarios ciegos. Esta idea proviene de la necesidad de entregar al usuario ciego herramientas organizadas de forma universal, ya que para utilizar este tipo de aplicaciones sólo se debe tener experiencia utilizando software en el mismo ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Este reporte ha sido financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Fondecyt, Proyecto # 1030158.

REFERENCIAS

- Andreu, R. (2000). *Generador de Ambientes Virtuales auditivos para niños Ciegos*. Trabajo de Título Ingeniería Civil en Computación. Depto. Ciencias de la Computación, Universidad de Chile.
- Aravena, G. (2002). *Usabilidad de Ambientes Virtuales Interactivos para Niños Ciegos*. Trabajo de Título Ingeniería Civil en Computación. Depto. Ciencias de la Computación, Universidad de Chile.
- Attree, E., Brooks, B., Rose, F., Andrews, T., Leadbetter, A. & Clifford, B. (1996). Memory processes and virtual environments: I can't remember what was there, but I can remember how I got there. Implications for people with disabilities. *Proceedings of the 1st European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ECDVRAT 1996*, 8-10 July 1996, Maidenhead, Berkshire, UK.
- Baldis, J. (2001). Effects of spatial audio on memory, comprehension, and preference during desktop conferences. *Proceeding of the ACM CHI '01*, Vol 3, 1, pp. 166-173.
- Cooper, M. & Taylor (1998). Ambisonic sound in virtual environments and applications for the blind people. *Proceedings of the Second European Conference on Disability, Virtual Reality, and Associated Technologies*, pp. 113-118.
- Druin, A. (1999). *The design of children's technology*. San Francisco: Morgan Kaufman Publishers, Inc.
- Hanna, L., Ridsen, K., Czerwinski, M., Alexander, K. (1999). The role of usability research in designing children's computer products". En Druin, A. (editor). *The Design of Children's Technology*. San Francisco: Morgan Kaufman Publishers, Inc.
- Lahav, O. & Mioduser, D.(2000). Multisensory virtual environment for supporting blind persons' acquisition of spatial cognitive mapping, orientation, and mobility skills. *Proceedings of the Third International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, pp. 53-58.
- Loomis, J., Lippa, Y., Klatzky, R. & Golledge, R. (2002). Spatial updating of locations specified by 3-D sound and spatial language. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(2), 335-345.
- Lumbreras, M. (1997). *Hiperhistorias Interactivas para Niños No Videntes*. Tesis de Magister en Ciencias. Universidad de Chile, Depto. Ciencias de la Computación. M.Sc.
- Lumbreras, M. & Sánchez, J. (1998). 3D Aural interactive hyperstories for blind children. *Proceedings of the 2nd European Conference on Disability, Virtual Reality, and Associated Technologies*. Skovde, Sweden.
- Lumbreras, M. & Sánchez, J. (1998). 3D aural interactive hyperstories for blind children. *International Journal of Virtual Reality* 4(1), 20-28.
- McCrindle, R. & Symons, D. (2000). Audio space invaders. *Proceedings of the Third International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, pp. 59-65.
- Mereu, S. & Kazman, R. (1996). Audio enhanced 3D interfaces for visually impaired users. *Proceedings of CHI '96*, ACM Press.
- Muñoz, E. (2001). *Simulador acústico de ambientes y secuencias temporales para niños no videntes*. Trabajo de Título Ingeniería Civil en Computación. Depto. Ciencias de la Computación, Universidad de Chile.
- Morris, R., Parslow, D. & Recce M. (2000). Using immersive virtual reality to test allocentric spatial memory impairment following unilateral temporal lobectomy. *Proceedings of the 3th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2000*, 23-25 September 2000, Alghero, Sardinia, Italy.
- Nielsen, J.(1993). *Usability engineering*. New York: Academic Press Professional.
- Rigden, C. (1999). The eye of the beholder-designing for colour blind. *British Telecommunications Engineering*, Vol. 17, January.
- Rizzo, A., Bowerly, T., Buckwalter, J., Schultheis, M., Matheis, R., Shahabi, C., Neumann, U., Kim, L., & Sharifzadeh, M. (2002). Virtual environments for the assessment of attention and memory processes: the virtual classroom and office, *Proceedings of the 4th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2002*, 18-20 September 2002, Veszprém, Hungary.
- Sánchez, J. (2000). Usability and cognitive impact of the interaction with 3D virtual interactive acoustic environments by blind children. *Proceedings of the 3rd International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, pp. 67-73. September 23-25, 2000, Alghero, Sardinia, Italy.

- Sánchez, J. (2000). 3D interactive games for blind children. *Proceedings of Technology and Persons with Disabilities, CSUN 2000*. Los Angeles, USA.
- 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.
- Sánchez, J. (2000). Interactive virtual environments for blind children: Usability and cognition. *Proceedings 4th Iberoamerican Congress on Informatics and Education, RIBIE 2000*, Viña del Mar, Chile. December 2000.
- Sánchez, J. (2000). Usability and cognitive impact of the interaction with 3D virtual interactive acoustic environments by blind children. *Proceedings of the 3rd International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, pp. 67-73. September 23-25, 2000, Alghero, Sardinia, Italy.
- Sánchez, J. (2000). Interactive virtual environments to assist the cognition of blind children. *Proceedings of the VII Iberoamerican Scientific Conference*, Cytel, Panamá, May 8th, 2000.
- Sánchez, J. (2000). Interactive worlds for blind children: computing, usability, and cognition. *Proceedings of NIMIS Workshop: Designing tomorrow's classrooms today, collaborative technologies for early literacy*. Waldeck, Germany.
- Sánchez, J. (2000). 3D interactive games for blind children. *Proceedings of Technology and Persons with Disabilities, CSUN 2000*. Los Angeles, USA.
- Sánchez, J. (2000). Usability and cognitive impact of the interaction with 3D virtual interactive acoustic environment by blind children. *Medicine Meets Virtual Reality: 8*, Newport Beach, California, USA.
- Sánchez, J. (2001). Interactive virtual acoustic environments for blind children. *Proceedings of ACM CHI '2001*, pp. 23-25. Seattle, Washington, April 2-5.
- Sánchez, J. (1999). Interactive 3D sound hyperstories for blind children. *Proceedings of ACM-CHI 99*, pp. 318-325.
- Sánchez, J. & Lumbreras, M. (1999). Virtual environment interaction through 3D audio for blind children. *Medicine Meets Virtual Reality: 7*, San Francisco, USA.
- Sánchez, J., Nussbaum, M., Zurita, G., (2000). Usabilidad de juegos educativos. *Actas del 4th Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, RIBIE 2000*, Viña del Mar, Chile. Diciembre 2000.
- Schneiderman, B.(1998). *Designing the user interface* (3rd Edition). New York: Addison-Wesley.
- Stifelman, L., Arons, B. & Schmandt, Ch. (2001). The Audio Notebook. *Proceeding of the ACM CHI '01*, Vol 3, 1, pp. 182-189.
- Sjostrom, C. (2001). Using haptics in computer interfaces for blind people. *Proceeding of the ACM CHI '01*, Vol 3, 1, pp. 245-246.
- Tan, H. (2000). Haptic interfaces. *Communications of the ACM*, 43(3), 40-41.
- Winberg, F. & S. Helltrom (2000). The quest for auditory manipulation: the sonified Towers of Hanoi. *Proceedings of the Third International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, pp. 75-81.
- Winograd, T.(1997). The desing of interaction. En Denning, P. & Metcalfe, R. *Beyond Calculation*. New York: ACM Press.