



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INFORMÁTICOS Y COMPUTACIÓN

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL,
RECONOCIMIENTO DE FORMAS E IMAGEN DIGITAL

**DESARROLLO DE UN SISTEMA
CON ESTÍMULOS AUDITIVOS
PARA EVALUAR LA MEMORIA ESPACIAL**

TESINA DE MÁSTER

Presentado por: Mauricio Loachamín Valencia

Dirigido por: Dra. M. Carmen Juan Lizandra

Valencia, 2013

Esta tesis ha sido financiada por la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) del Gobierno del Ecuador.

*A Sonia por su amor, comprensión y apoyo,
a mi pequeña Doménica por su dulzura y
a mis Padres por sus bendiciones.*

Agradecimiento

Mi más profundo agradecimiento a Dios, que me ha acompañado en todo momento. A mis padres por sus bendiciones desde la distancia.

La realización de una tesis es un desafío, que supone un esfuerzo considerable y constante que implica no sólo al autor, sino a todos aquellos que han contribuido de alguna manera con su trabajo. Quiero agradecer por supuesto a mi directora de tesis, Doña. M. Carmen Juan Lizandra, distinguida Docente de la Universidad Politécnica de Valencia, por su apoyo, sus valiosos consejos y orientaciones. Mi agradecimiento a Doña Elena Pérez y Doña Magdalena Méndez investigadoras y miembros del proyecto CHILDMNEMOS, por su colaboración en la definición de las especificaciones funcionales del sistema.

Especialmente debo dar gracias al Gobierno de Ecuador, a través de la Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), por la beca otorgada la cual financia la realización de los estudios del Máster y de este trabajo. La confianza y apoyo ha merecido la pena y ha servido de estímulo para lograr la meta.

Agradecer a los Padres de Familia y Niñ@s del Colegio Claret-Benimaclet de Valencia, por su colaboración y participación durante las pruebas realizadas.

También unas palabras de agradecimiento para Sonia, porque sin su apoyo nada de esto hubiese sido posible, y para Doménica, mi “peque”, porque has sido mi estímulo y alegría para continuar cada día.

Además, quiero mencionar a mis amigos y compañeros, con los que he compartido este tiempo, gracias por haber hecho agradable mi estancia por Valencia.

Mauricio

Resumen

En la presente tesina, se desarrolla un sistema que contribuye al proyecto CHILDMNEMOS, en lo referente a explorar estímulos auditivos y evaluar la memoria espacial a corto plazo en niños mejorando los métodos tradicionales e integrando dispositivos tecnológicos.

La tesina se centra en el estudio de los estímulos auditivos y la memoria espacial a corto plazo, así como en el desarrollo de un sistema usando dispositivos alternativos que permitan evaluar la memoria espacial a corto plazo en niños sin patología previa identificada.

Se implementaron las fases de habituación y detección. Los estímulos auditivos se reproducen en forma aleatoria en los dispositivos Karotz y se los ubica de acuerdo a las localizaciones -60° , 0° y -60° . Se usa un banco de sonidos, catalogados y clasificados por su duración.

Se realizaron pruebas del sistema y se registraron los tiempos, aciertos y errores, de acuerdo a la duración de los sonidos y la localización. Los resultados de las evaluaciones permiten observar que la localización que tiene mayor dificultad es la de -60° sobre todo si la duración del sonido es de 2 segundos. La menor dificultad para los usuarios es la localización 0° sin prestar mayor importancia a la duración del sonido, esto sucede tanto para el grupo de niños como de adultos.

En nuestra opinión, la integración de tecnología, estímulos auditivos y los nuevos dispositivos ambientales Karotz son apropiados para evaluar

la memoria espacial a corto plazo. Karotz es un dispositivo con gran potencial y se pretende seguir explorando sus posibilidades. Por otra parte, se aporta el desarrollo de sistemas en los que el usuario tiene una novedosa forma de interactuar usando su sentido del oído, el tacto y sus movimientos.

Contenidos

Introducción.....	11
Introducción.....	11
Motivación.....	12
Objetivos.....	13
Estructura de la Memoria.....	13
Estado del Arte.....	14
Introducción.....	14
Estímulos Auditivos	14
Memoria Espacial	15
Evaluación de la Memoria Espacial con Técnicas de Realidad Virtual.....	16
Sistemas de Navegación Virtual para Evaluar la Memoria Espacial	17
Desarrollo.....	20
Introducción.....	20
Sistema con Estímulos Auditivos.....	20
Hardware.....	21
Dispositivo Karotz.....	23
Software.....	29
Desarrollo del Sistema.....	30
Funcionamiento del Sistema.....	33
Pruebas y Resultados.....	36
Introducción	36
Ambientación del Sistema.....	36
Habitación.....	41
Fase de Habitación.....	41
Fase de Detección (de 1 a 5 estímulos auditivos).....	45
Diseño de la Evaluación.....	47
Participantes.....	47
Mediciones.....	47
Proceso.....	48
Resultados.....	48
Aciertos y Errores por Duración de Sonidos.....	49
Aciertos y Errores por Localizaciones.....	50
Tiempo de Respuesta al Estímulo por Duración de Sonidos.....	54
Tiempo de Respuesta al Estímulo por Localización.....	57
Comparación de Resultados.....	60
Conclusiones y Trabajos Futuros.....	63
Conclusiones.....	63
Trabajos Futuros.....	64

CAPÍTULO

I

Introducción

1.1 Introducción

Esta tesina responde a la falta de dispositivos y/o sistemas para la evaluación de la memoria espacial a corto plazo. La memoria es un proceso cognitivo necesario para la adquisición de habilidades o información. Este proceso es crucial para la existencia de un aprendizaje apropiado de cualquier comportamiento. La memoria a corto plazo permite recordar durante un período de varios segundos a un minuto sin ensayo. Por el contrario, la memoria a largo plazo puede almacenar cantidades mucho mayores de información de duración potencialmente ilimitada. Por otro lado, la memoria espacial se refiere generalmente a la capacidad de generar, representar, transformar, y recordar la información espacial (Linn & Petersen, 1985).

Hay un gran interés en el campo de la memoria humana, sus propiedades y sustratos neurales. Sin embargo, la mayor parte de la investigación en este campo se ha centrado en paradigmas experimentales para la evaluación de la memoria espacial en roedores. Los motivos principales de la investigación con roedores han sido los problemas éticos derivados de la investigación con seres humanos. Por lo tanto, se ha usado la capacidad innata de los roedores para recordar lugares. Las tareas de memoria espacial adaptadas para humanos implican la simulación de movimiento por medio de espacios con objetos estáticos, aunque sin componentes vestibulares. La ausencia de componentes vestibulares en estas tareas obstruye una comprensión adecuada de la memoria espacial. Además, el uso de

egocéntricos (medios egocéntricos en referencia a la posición del cuerpo del usuario en el espacio) y alocéntricos (referencia a pistas externas en el espacio) puede que no se distinga, pero las diferentes formas en las que se procesa y representa son relevantes en pruebas neuropsicológicas.

1.2 Motivación

Por lo que sabemos, hasta la fecha no se ha presentado ningún sistema destinado a evaluar la memoria espacial a corto plazo en humanos con estímulos auditivos y que requiera movimiento.

Este sistema contribuye a CHILDMNEMOS, en lo referente a explorar con estímulos auditivos y evaluar la memoria espacial a corto plazo en niños mejorando los métodos tradicionales e integrando dispositivos tecnológicos.

Hasta la fecha, no existen instrumentos específicos y adaptados que permitan conocer el desarrollo de la memoria y orientación espacial en niños videntes e invidentes que se muevan en un entorno real. Sin embargo, los componentes vestibulares (es decir, movimiento) son un aspecto clave de la memoria espacial. Además, este sistema podría ser útil para detectar las dificultades de aprendizaje en habilidades matemáticas, así como un deterioro en el desarrollo del hipocampo relacionado con hipoxia o alguna otra complicación que pueda afectar el cerebro. No existen sistemas comerciales con este fin, ni otros grupos de investigación trabajando en el ámbito del proyecto CHILDMNEMOS.

Este proyecto responde a la falta de dispositivos y/o sistemas para la evaluación de la memoria espacial a corto plazo. El sistema propuesto requiere movimiento y concentración. Además, ni siquiera en adultos se han utilizado este tipo de dispositivos con este propósito. Hasta la fecha, se han estudiado algunos sistemas, entre ellos los de realidad virtual (RV) muy básicos, principalmente utilizando un monitor y métodos de interacción tales como el ratón o el joystick, pero no se han utilizado antes para este fin explorando estímulos auditivos, usando dispositivos ambientales, como es el caso de Karotz.

1.3 Objetivos

El objetivo principal de esta tesina es desarrollar un sistema con estímulos auditivos usando dispositivos alternativos que permitan evaluar la memoria espacial a corto plazo en niños sin patología previa identificada.

Como objetivo secundario se pretende obtener un indicador de la capacidad del participante para identificar los estímulos acústicos según la localización en la que se encuentran y la duración de los sonidos, en base al número de errores y aciertos.

1.4 Estructura de la Memoria

La memoria del trabajo está organizada de la siguiente manera:

- Capítulo I Introduce el estudio del documento, incluyendo la motivación, los objetivos y su estructura.
- Capítulo II Muestra conceptos relacionados con el sistema desarrollado y una revisión de trabajos relevantes en relación a estudios sobre la memoria espacial y sistemas desarrollados hasta el momento.
- Capítulo III Describe el sistema con estímulos auditivos, el hardware y software utilizados, el desarrollo y su interacción.
- Capítulo IV Presenta las pruebas realizadas del sistema implementado y los resultados de los ensayos realizados en la fase de habituación con niños y adultos.
- Capítulo V Contiene las conclusiones y trabajos futuros.

CAPÍTULO

II

Estado del Arte

2.1 Introducción

Se muestran conceptos relacionados con el sistema desarrollado y se hace una revisión de trabajos relevantes en relación a estudios y sistemas desarrollados hasta el momento sobre la memoria espacial y su evaluación.

2.2 Estímulos Auditivos

La audición juega un papel fundamental debido a que ésta proporciona información del entorno, sirve para orientarse de forma independiente en el espacio, facilita la identificación de personas u objetos e incluso permite según el caso oír y asociar sonidos a diversas situaciones de la vida cotidiana, adquirir el lenguaje, llevar a cabo la comunicación e interactuar con otros y distinguir a personas u objetos.

El sistema auditivo es el responsable de convertir los estímulos sonoros en información asimilable por las áreas del cerebro especializadas en el procesamiento del habla. Sin audición no se da la percepción. La audición es un proceso fisiológico, mientras que la percepción es un proceso cognitivo. Los trastornos de procesamiento de estímulos auditivos son la base de muchos problemas de aprendizaje y comportamiento. Los oradores hablan más rápido y con más fluidez cuando se permite el gesto que cuando está restringido (Graham & Heywood, 1975; Rauscher, Krauss, & Chen, 1996).

El procesamiento neural de la información sensorial está estrictamente relacionado con el

contexto de estimulación. Cuando un estímulo se presenta repetidamente, las respuestas del cerebro por lo general disminuyen en amplitud, un efecto conocido como la adaptación neuronal (Grill-Spector, Henson, Martin, 2006), y que se considera que está en la base de la habituación perceptual (Bourbon, Will, Gary, Papanicolaou, 1987). Ambos procesos pueden ser considerados como formas primitivas de aprendizaje (Sokolov, 1977).

El sentido de la audición nos proporciona los sonidos, pero es la mente la que tiene que identificarlos, diferenciando cada uno de ellos al atribuirles su propio significado.

2.3 Memoria Espacial

La memoria espacial es un proceso cognitivo que permite a una persona recordar diferentes lugares, así como las relaciones espaciales entre los objetos. También se puede dividir en la memoria espacial a corto y largo plazo. La memoria espacial a corto plazo puede ser descrita como un sistema que nos permite almacenar y administrar temporalmente la información que es necesario para completar las tareas cognitivas complejas. Esto nos permite recordar que un objeto está en relación con otro objeto. Sin embargo, la memoria espacial a largo plazo puede almacenar mucha más información espacial para una duración potencialmente ilimitada.

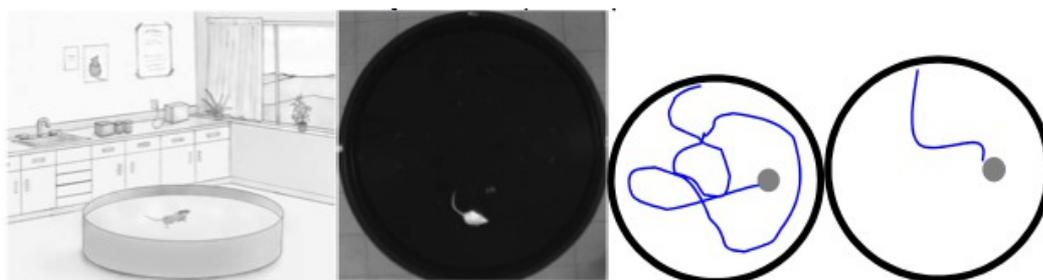
También se puede definir a la memoria a corto plazo como la capacidad de mantener una pequeña cantidad de información en la mente durante un periodo breve de tiempo de una forma activa y fácilmente accesible. Esta memoria se utiliza con diferentes tipos de información, tales como información verbal, visual o espacial.

La memoria es un proceso cognitivo necesario para la adquisición de habilidades o información. Este proceso es crucial para la existencia de un aprendizaje apropiado de cualquier comportamiento. Los procesos de la memoria se pueden clasificar como: memoria sensorial, memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo. La memoria sensorial corresponde aproximadamente a los 200-500 milisegundos iniciales después de percibir un elemento. La capacidad de mirar a un objeto, y recordar cómo se veía con sólo un segundo de la observación o la memorización, es un ejemplo de la memoria sensorial. La memoria a

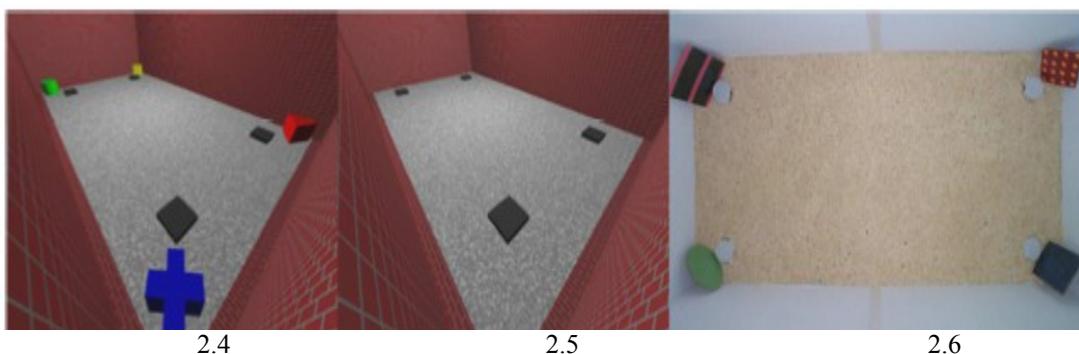
corto plazo permite recordar durante un período de varios segundos a un minuto sin ensayo. Por el contrario, la memoria a largo plazo puede almacenar cantidades mucho mayores de información de duración potencialmente ilimitada.

2.4 Evaluación de la Memoria Espacial con Técnicas de Realidad Virtual

Los recuerdos a largo plazo y corto plazo han sido tradicionalmente evaluados con animales (Oades, 1978; Morris, 1984; Olton, 1987; Méndez & López, 2009; Munoz, 2009). Los animales han sido entrenados en laberintos en los que tienen que recordar la información espacial que puede ser almacenada a largo o a corto plazo. El aumento de los conocimientos de las técnicas de realidad virtual y la tradición de la investigación de la memoria espacial con roedores han llevado al desarrollo de laberintos basados en realidad virtual para los seres humanos, para lo cual se reproducen las tareas utilizadas anteriormente con roedores (Shore, 2001; Astur, 2002; Astur, 2004; Kelly, 2007; Sturz, 2010; Cánovas, 2011a; Cánovas, 2011b; Cimadevilla, 2011) (véanse las Figuras 2.1 a 2.3). Los sistemas de realidad virtual que se han presentado han sido muy básicos y limitados (con monitores convencionales, métodos muy básicos de interacción, como el ratón y algo que es importante no se utiliza movimiento). Por ejemplo, Kelly y Bischof (Kelly, 2007) examinaron características y el uso de información geométrica con adultos que navegaban en un entorno virtual similar al mundo real experimentado con ratas por (Cheng, 1986). Hombres y mujeres fueron entrenados para localizar un objetivo en una de las cuatro esquinas de una habitación rectangular completamente cerrada (ver Figuras 2.4 y 2.5). La interacción con el entorno virtual se realizaba mediante el clic del ratón. El trabajo sobre área geométrica fue inicialmente desarrollado por (Cheng, 1986) para examinar si las ratas podrían codificar las características y geometría del entorno (ver la Figura 2.6). Como se puede observar en las Figuras 2.4, 2.5, 2.7, y 2.8, los entornos virtuales utilizados en todos estos sistemas son bastante simples.



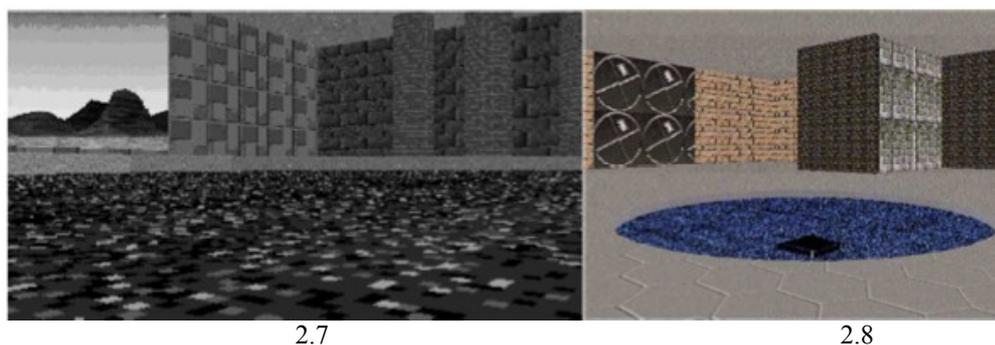
2.1 2.2 2.3
 Figura 2.1. Water Maze task (Morris, 1982). Kolb & Whishaw, 2003. Human Neuropsychology (5th ed.).
 Figura 2.2. Instantánea de una prueba.
 Figura 2.3. Ruta antes del aprendizaje (izquierda) y ruta después de aprender (a la derecha).



2.4 2.5 2.6
 Figura 2.4 y 2.5. Imagen de un campo geométrico completamente cerrado en un entorno virtual.
 Figura 2.6. Imagen de una arena geométrica completamente cerrada.

2.5 Sistemas de Navegación Virtual para Evaluar la Memoria Espacial

El grupo de investigación del Laboratorio de Realidad Virtual del Centro de Investigación de Neuropsiquiatría Olin y su líder Robert Astur (Escuela de Medicina de la Universidad de Yale), han desarrollado un software de navegación virtual para la evaluación de la memoria espacial humana, especialmente en los grupos psiquiátricos con anomalías cerebrales como la esquizofrenia, epilepsia o intoxicación por alcohol. Han diseñado una versión para humanos que se trata de un laberinto virtual de agua llamado “Realidad Virtual Pool” (véanse las Figuras 2.7 y 2.8).



2.7 2.8
 Figura 2.7. Una vista de la piscina virtual (Astur, 2002).
 Figura 2.8. Una vista del trabajo de Morris (Astur, 2004).

Usando en un entorno virtual un monitor convencional, los participantes se colocan en una piscina circular en una habitación con señales distales. La tarea consistía en un entorno virtual en el que los sujetos utilizaban un joystick para escapar del agua tan rápidamente como fuera posible para llegar a una plataforma oculta bajo la superficie del agua. Dado que

la plataforma no era visible, un buen desempeño en esta tarea depende de la recuperación de la memoria espacial y de la integridad de las señales distales presentadas.

Además, utilizando el mismo enfoque tecnológico, se desarrolla el laberinto radial de ocho brazos virtual. En este laberinto, los sujetos se encuentran en una sala virtual que cuenta con ocho pistas que se extienden fuera de una zona. Las recompensas se encuentran al final de cuatro de las pistas de aterrizaje y los sujetos deben recuperar su localización tan pronto como sea posible.

Del mismo modo, José M. Cimadevilla que se unió al Departamento de Neurociencias de la Universidad de Almería, en colaboración con el Grupo de Informática Aplicada de la misma Universidad ha desarrollado la tarea Cajas Room (Cánovas, 2011b). La (Figura 1.9) muestra una captura de pantalla de un ensayo de la muestra en la Sala de Cajas. Se pide a los sujetos que localicen las cajas premiadas en un entorno generado por ordenador con dieciséis cajas. La posición de los objetivos ocultos se determina en relación a las señales intra o extra laberinto. La condición intra-laberinto se compone de tres columnas de diferentes colores colocados entre las cajas y no se debe poner en las paredes decoración, ni imágenes. En la condición extra-laberinto las paredes de la habitación tenían diversas marcas con localizaciones espaciales desambiguadas incluyendo una ventana, una puerta, latas y fotos.

Cimadevilla et al. (2011) han diseñado un entorno basado en lugar activo con tarea de evitación. La tarea consistía en una navegación virtual a través de una sala circular mediante la manipulación de un joystick. El objetivo es evitar un lugar no señalado mientras recogía los objetos en la sala.

En relación con las tareas que no se basan en paradigmas para los roedores, Neil Burgess, director adjunto del Instituto de Neurociencia Cognitiva del University College de Londres, ha utilizado un entorno de realidad virtual basado en las modificaciones de los videojuegos para el estudio de las bases neurales de la memoria episódica y espacial (Burgess, 2001) (Burgess, 2002). Principalmente, se utilizaron ciudades virtuales, en la que los movimientos del sujeto se generaron utilizando un teclado o un joystick. Estos pueblos consistían en varios edificios y carreteras a través de los cuales los sujetos podían moverse. Los sujetos fueron entrenados para encontrar su camino alrededor. Practicaban siguiendo una ruta de flechas, conocer a una persona en la ruta y conseguir varios objetos.

Además, el Laboratorio de Tecnología de Interfaz Humana de Nueva Zelanda (Hit Lab de Nueva Zelanda) y el Departamento de Psicología de la Universidad de Canterbury han trabajado juntos en la tarea de memoria virtual (VMT) desarrollada para la rehabilitación cognitiva de los pacientes con lesión cerebral (Koenig, 2011). La VMT fue especialmente buena en el aumento de la conciencia de los déficits cognitivos en pacientes con lesión cerebral. En este caso, la novedad de la tarea radica en la personalización del entorno virtual en relación con el entorno real. Es decir, la tarea se llevó a cabo en el modelo virtual de una sala de oficina dentro de una clínica en la que estaban sentados durante la sesión de prueba. La VMT tenía suficientes detalles y texturas foto realistas, por lo que se reconoce fácilmente por los participantes. La VMT se visualiza en un monitor situado en frente de los participantes. El teclado y el ratón se utilizan para interactuar durante la tarea. Los participantes fueron instruidos para memorizar la ubicación de los objetos típicos de oficina que se colocaron en una mesa. Después de esto, se presentó un punto de vista diferente en el que los objetos fueron trasladados a otros lugares y se les pidió a los participantes mover los objetos a la ubicación inicial. En esta nueva visión, la perspectiva también cambió. Se observó que este cambio causó confusión cada vez que el punto de vista virtual fue diferente al punto de vista real.

CAPÍTULO

III

3 Desarrollo

3.1 Introducción

Se presenta la parte principal de este trabajo que es el desarrollo del sistema de estímulos auditivos para evaluar la memoria espacial a corto plazo, la información detallada sobre el hardware y el software utilizados, y cómo se integra la tecnología para evaluar la memoria espacial. Además, se describe la forma de representar el espacio para su ejecución ya que se trata de información auditiva integrada con movimiento en tiempo real.

3.2 Sistema con Estímulos Auditivos

Este sistema combina estímulos auditivos y la interacción con un dispositivo ambiental para evaluar la memoria espacial a corto plazo. El proceso del sistema, simula un juego en el que los niños y adultos pueden participar a través de los estímulos auditivos e interactuar mediante sus propios movimientos. En este caso el objetivo es mantener en la memoria a corto plazo el qué (estímulo) dónde (localización) y cuándo (orden de los estímulos auditivos cuando se presenta más de uno).

Se dispone de un procedimiento de habituación, puesto que es necesario para asegurarnos que el participante escucha todos los sonidos que utilizaremos en la prueba y para establecer los tiempos de identificación.

Las respuestas a los estímulos se guardan para realizar el proceso de evaluación, para ver el grado de precisión y ver qué estímulos son fáciles de recordar.

3.3 Hardware

Al investigar sobre el dispositivo Karotz sus elementos, características, servicios y potencialidad, probamos integrar a Karotz al sistema en reemplazo de los altavoces tradicionales. Los conejos Karotz permiten la interacción con el usuario a través de “sus gestos” (movimiento de orejas, cambio de color de la luz que emite su barriga) (ver Figura 3.1), botón en su cabeza (ver Figura 3.2). Por lo tanto, los niños se motivan con solo verlos. Ellos han sido capaces de interactuar con el conejo, acercándose y presionando el botón de la cabeza. La (ver Figura 3.3) muestra niños conociendo a los conejos Karotz.



Figura 3.1: Karotz que emite una luz verde



Figura 3.2: Imagen que permite observar el botón sobre la cabeza de Karotz



Figura 3.3: Niña conociendo a conejo Karotz

3.3.1 Dispositivo Karotz

Karotz, un conejo cibernético que puede hablar y conectarse a internet, (ver Figura 3.4). Puede leer correos electrónicos y noticias, radio difusión, y muchas otras cosas, debido a que el conejo es escalable y programable.

Hasta hoy se considera como una mascota y tiene aplicaciones disponibles en el sitio web dedicado, por medio de las cuales da el tiempo, cuenta historias, o permite escuchar música.



Figura 3.4 Karotz reproduciendo música

Karotz dispone de un reproductor multimedia que utiliza "MPD" (Music Player Daemon). El lector soporta la mayoría de los formatos de sonido pero funciona mejor si es en formato MP3.

El conejo Karotz dispone de un altavoz (ver Figura 3.5), por que le permite reproducir sonidos mono y de 32 bits.



Figura 3.5 Vista frontal y posterior que permite observar el altavoz.

El MPD corta el extremo del MP3, por lo que se ha optado por alojar el banco de sonidos en un servidor propio. Previamente se han editado y añadido 0,5 segundos de silencio al inicio del archivo y 1 segundo de silencio al final.

La reproducción de los archivos de audio o enlaces, se realiza mediante la función `Karotz.multimedia.play(string path, function callback)` con la que cuenta el SDK.

El parámetro `path`: puede ser una URL (cuando los sonidos se encuentran almacenados en un servidor), (ver Figura 3.6) o una ruta para un puerto USB (sólo cuando el audio está en la memoria USB y se encuentra conectado al Karotz, (ver figura 3.7).

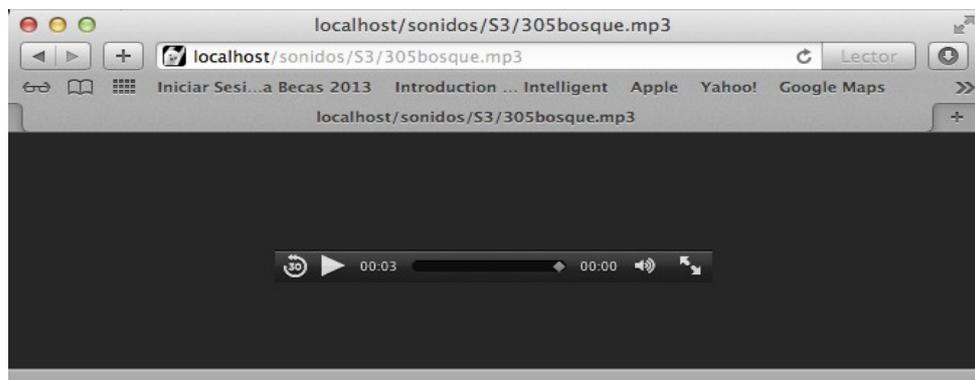


Figura 3.6 Reproducción de un sonido dado una URL



Figura 3.7 Puerto USB de Karotz y Unidad de almacenamiento USB

Para utilizar multimedia en las aplicaciones, el acceso debe estar definido en el descriptor del archivo.

Entre los métodos que tiene disponibles Karotz y que se han utilizado en el desarrollo de este sistema, cabe citar:

- Karotz.ears.move(int : left, int : right, function callback)
- Karotz.ears.moveRelative(int : left, int : right, function callback)
- Karotz.ears.reset(function callback)
- Karotz.ears.move
- Karotz.led.light(string : color)
- Karotz.led.fade(string : color, int time, function callback)
- Karotz.led.pulse(string : color, int pulsePeriod,int totalDuration, function callback)
- Karotz.led.light

El código de color es en formato hexadecimal con valores RGB. Ver Ejemplo:

- Karotz.led.light ("FF0000") convierte el led rojo
- Karotz.led.light ("00FF00") desconecta el LED verde
- Karotz.led.light ("0000FF") convierte el led azul
- Karotz.led.light ("000000") el LED está apagado / no tiene color
- Karotz.led.light ("0000FF") se vuelve el blanco led

Una vez que se ha probado la aplicación con Karotz, el desarrollador puede cargar su aplicación para el laboratorio Karotz,(ver Figura 3.8), entonces, se ha probado el

proceso con un prototipo de una aplicación en la que Karotz únicamente saluda al participante.

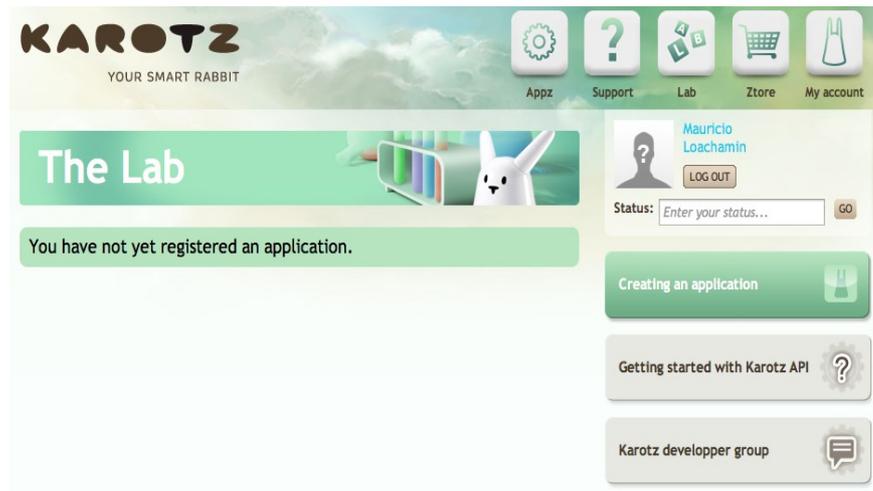


Figura 3.8 Aplicación de Karotz para crear aplicaciones en el Lab de Karotz



Figura 3.9 Aplicación registrada en el Lab de Karotz

Para crear la aplicación se asocia un icono que se utiliza en el Karotz Appz Ztore, el icono se ha convertido a una imagen de 64 x 64 píxeles, en los formatos aceptados, se probó con Jpg, Gif y Png (GIF y PNG para la gestión de la transparencia), luego se preparó el fichero descriptor.xml, el mismo que posee la información de la versión del sistema y dirección URL del servidor en donde se utilizaran las llamadas de callback. Para que la aplicación funcione en el Lab se cambió la dirección IP en el fichero main.js a 'localhost' y finalmente todos los ficheros del proyecto se crean en un fichero .zip el mismo que contiene todos los elementos. Para que la aplicación pueda ser ejecutada, se debe seleccionar la opción test y asignar la aplicación al Karotz para que se descargue y se instale el programa. Tras este paso se realizó la ejecución de la prueba exitosamente.(ver Figura 3.9).



Figura 3.10 Aplicación Lista para instalar en Karotz



Figura 3.11 Vista del Ztore de Karotz con Aplicaciones disponible

3.4 Software

Para el desarrollo del sistema se ha utilizado Java para Windows y el lenguaje de programación que usa Karotz que es Javascript, para lo cual se ha instalado el SDK de Karotz y su Máquina Virtual con Java – KarotzVM, lo cual permite desarrollar y poner a prueba las aplicaciones sin someterlas a Karotz Lab.

Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition, ha sido utilizado para desarrollar la interfaz de usuario (evaluador), para programar y configurar la interacción de los conejos, el registro de aciertos y errores que haga el participante, el registro del tiempo que demora en localizar el Karotz.

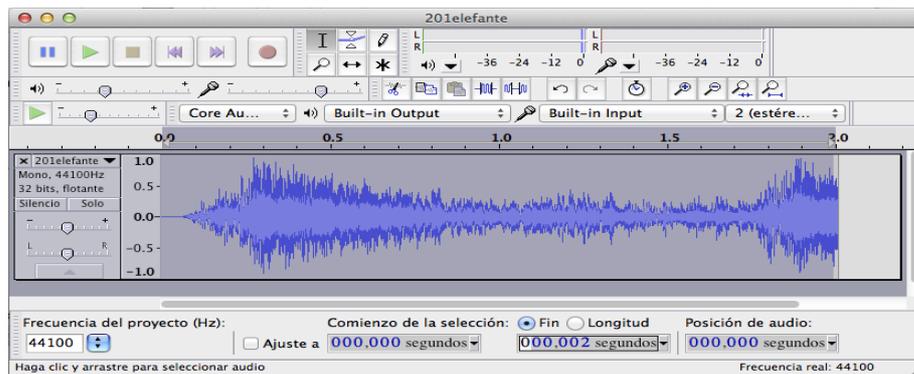


Figura 3.12 : Edición de Sonidos

Se utilizó Audacity 2.0.3, que es software libre para edición de audio, para editar los sonidos y configurarlos de acuerdo a las condiciones de duración y frecuencia, y para añadir pausas de silencio en el audio, cambiar a mono, cambiar a 32 bits. Figura 3.12.

Acapela Text to Speech Demo



Figura 3.13: Aplicación para grabación

Para el funcionamiento del sistema era necesario contar con grabaciones de voz con el acento del medio y de esta manera poder ser comprendido por el participante. Para esto fue necesario grabar las instrucciones a reproducir en el altavoz y se utilizó una aplicación en línea “Acapela Text To Speech” (Figura 3.13).

3.5 Desarrollo del Sistema

Para desarrollar el sistema se utilizaron dos herramientas de programación muy importantes para este proyecto como son Visual Basic 2008 y SDK Javascript para programar y ejecutar en la máquina virtual de Karotz.

A continuación se creó la máquina virtual para Karotz, software que se puede instalar en un ordenador (ya sea en Windows o en Linux). Esta herramienta nos permitirá poner a prueba la aplicación sin someterlo o enviarlo a Karotz Lab (que es un repositorio de aplicaciones para desarrolladores). Utilizamos Java para la versión de Windows para poder ejecutar KarotzVM.jar

En la fase de habituación del sistema de estímulos auditivos se utilizan 50 sonidos y se reproducen pseudoaleatoriamente, evitando que se repitan en los ensayos. Se clasifican y distribuyen de acuerdo a las condiciones de duración de los sonidos: 16 sonidos de 4 segundos, 17 de 3 segundos, y 17 de 2 segundos. El volumen se configura a 70 dB. Las categorías semánticas de los sonidos son: humanos, animales y herramientas.

Se creó un módulo en Visual Basic para generar aleatoriamente la lista de sonidos, sin que ninguno de ellos se repita en cada localización en el mismo ensayo. La lista generada se carga cada vez que se inicia el sistema. Lo que varía es el Karotz en el que se reproducirá el sonido en los diferentes ensayos.

Utilizando el SDK de Karotz, se crearon los programas que permiten la interacción de los Karotz con los sonidos. Se probaron en forma local conectando un *pendrive* en el puerto USB con los sonidos y en forma remota alojando los sonidos en un servidor a fin de conocer la mejor opción para el funcionamiento del sistema. Se determinó que sería óptimo trabajar con los sonidos alojados en el servidor dada la cantidad de Karotz y sonidos que deben interactuar en el sistema.

Se diseñó la interfaz de inicio del sistema, el mismo que dispone de un menú de opciones

que permite acceder a la sesión de habituación, aquí se registran los datos del participante: apellidos y nombres, edad y género. A continuación se programa el mensaje de bienvenida a la habituación, insertando un control de media player y cargando el fichero mp3 que contiene el mensaje de bienvenida para que se reproduzca el sonido en el altavoz del ordenador.

Para que la interfaz gráfica de Visual Basic establezca la comunicación con los programas de Karotz, se crea un módulo que genera ficheros de texto, los cuales son interpretados por Karotz, para ejecutar sus funciones, mecanismo aplicado después de varias pruebas y en vista de las limitaciones del Javascript del SDK de Karotz.

En los ficheros de texto de comunicación con Karotz se envía información sobre: la dirección IP de cada Karotz, el orden aleatorio en el que Karotz debe sonar, la asignación del sonido que debe reproducir; también, se guarda la hora y fecha de inicio y finalización de la sesión de Karotz y las respuestas registradas por los usuarios en cada Karotz.

En el programa realizado en Javascript de Karotz, se leen los ficheros antes mencionados, se cargan en variables y vectores que nos permiten activar el Karotz, reproducir el sonido que corresponda sonar y se implementa la detección del evento “simple clic”. Dicho evento se producirá en la cabeza de Karotz como respuesta al estímulo, enviando el mensaje de “detectado” para el usuario . Internamente, el sistema guarda el registro del acierto o error producido por el participante

Una vez completados los procesos de los dispositivos Karotz, el sistema recupera la información guardada, verifica y contabiliza aciertos y errores, los tiempos de respuesta de los usuarios por cada duración de tiempo del sonido y por cada localización del sonido.

Para que el sistema desarrollado cumpla su función, es necesario acondicionar físicamente el ambiente con los dispositivos Karotz, el ordenador central, el altavoz y las posiciones del evaluador, y sobre todo de los participantes tal como se detalla a continuación.

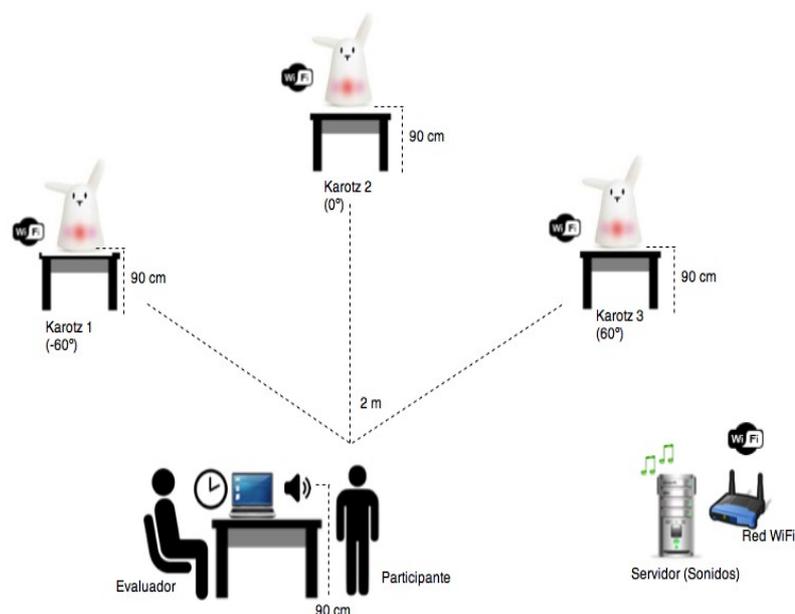


Figura 3.14: Ubicación de los Karotz para el funcionamiento del sistema

Como se muestra en la figura 3.14, los conejos se colocan como fuentes de sonido para 50 sonidos ambientales, con una separación de 30° entre ellos y con ángulos de -60° , -30° , 0° , $+30^\circ$, $+60^\circ$, donde 0° es en frente al participante (Cogn Process, 2012-13:267-276). Se posicionan a la altura aproximada del participante y la distancia de los Karotz con respecto al participante es de 250 cm. Se añade un altavoz que se coloca detrás, a la misma distancia. Además, se añade un ruido blanco que emite el altavoz que da las instrucciones.

El evaluador se situará detrás del altavoz de las instrucciones y desde el ordenador central controlará el inicio o cambio a ciertas fases de la tarea.

Se registra el tiempo que el participante tarda en localizar el dispositivo que ha emitido el sonido, desde que inicia la acción. También, se contabilizan los errores y aciertos. El número de errores ofrecerá un indicador de la capacidad del participante para identificar los estímulos acústicos según la localización en la que se encuentran y la condición de duración

del sonido.

3.6 Funcionamiento del Sistema

Al ejecutar el sistema se inicia el procedimiento de habituación. En primer lugar, se reproduce un “Mensaje de Bienvenida”. Tras este paso, se pasa a la fase para comprobar la detección de cada uno de los estímulos auditivos, llamada “Fase de Detección”.

El altavoz desde el ordenador central dará la bienvenida a los participantes y con el siguiente mensaje se inicia la fase de habituación.

El mensaje verbal dará las siguientes instrucciones:

“¡Hola! Vamos a comprobar lo bien que se te da recordar dónde está el conejo que hace un sonido. Vas a escuchar un sonido y, a continuación deberás recordar dónde está el conejo que lo hace. Siempre que yo te hable tendrás que estar cerca del altavoz, pues es el lugar desde donde los vas a vigilar. Te pondrás justo delante del ordenador para vigilar a todos los conejos que tienes en frente !Una vez escuchado el sonido, presionarás la botonera, irás al conejo que lo hizo y le tocarás la cabeza.

!!Un consejo! Escucha y sigue mis instrucciones atentamente porque solo así podrás acertar para poder pasar al siguiente nivel. ...¿ Estás preparado?”.

Luego, al pasar a la Fase de Detección, en la interfaz el evaluador pulsará el botón de inicio de test y a continuación se escucharán las siguientes instrucciones por cada sonido que se reproduzca:

Ver mensaje:

“Un conejo hará este sonido ...”, en ese momento de forma aleatoria se invoca un sonido, el mismo que será el que vaya a reproducirse en alguno de los Karotz, continua el mensaje verbal diciendo: “Deberás escucharlo atentamente para saber quién lo hace, entonces te acercará y presionarás el botón de la cabeza del conejo que lo ha hecho...¿Estás preparado? ...Escucha atentamente”.

Mientras el altavoz da las instrucciones, los conejos emiten una luz de color verde, luego reciben la señal de que deben emitir el estímulo, todos apagan sus luces y aleatoriamente uno de los conejos emite el sonido y esperan una respuesta, es decir, que el participante se desplace desde la posición inicial hacia el conejo que piensa que emitió el estímulo auditivo y presione el botón de su cabeza.

Una vez que uno de los Karotz haya recibido una respuesta, emite el mensaje de “detectado”, tras esta interacción todos los conejos finalizan la tarea y salen del estado de espera con un movimiento de sus orejas.

A continuación, es posible iniciar un nuevo ensayo, al menos 5 por participante en la fase de habituación.

Trascurrido 1 segundo de la finalización de la respuesta del Karotz desencadenada por tocarle la cabeza se presenta al evaluador la opción de continuar con la fase de detección del siguiente estímulo auditivo. Para ello se presionará una tecla de avance. La otra opción posible será salir de esta fase, presionando otra tecla de salida.

Esto se irá repitiendo hasta presentar los 50 estímulos diferentes posibles con esas condiciones de presentación pseudoaleatorias (orden, duración y localización).

CAPÍTULO

IV

Pruebas y Resultados

4.1 Introducción

En este capítulo se describe el proceso de las pruebas realizadas con el innovador sistema de estímulos auditivos para evaluación de la memoria espacial y se muestran los resultados de los ensayos realizados en la fase de habituación con niños y adultos.

4.2 Ambientación del Sistema

Para realizar las pruebas respectivas, el sistema debe cumplir algunas especificaciones de acuerdo a lo mencionado en el capítulo anterior en la sección 3.5.

Ha sido adaptado un salón y se ha contemplado contar con lo siguiente:

- Un ordenador en el que se aloja la aplicación con la interfaz para el usuario – evaluador, que se denominará ordenador central de instrucciones.
- Un ordenador que cumple la función de servidor, donde se aloja el banco de sonidos
- Un altavoz junto al ordenador central de instrucciones
- Un modem-router Wi-Fi con conexión a internet.
- Se dispone de tres dispositivos Karotz, los mismos que se ubican tomando en cuenta los ángulos de -60° , 0° , $+60^\circ$, donde 0° es en frente al participante, -60° es a la izquierda y el de $+60^\circ$ a la derecha del participante.

- Los Karotz se posicionan en alturas aproximadas del participante, para niñ@s a 90 cm y para adultos a 140 cm., es decir, aproximadamente a la altura de los oídos del sujeto.
- Se marca un punto de referencia como posición inicial, que está ubicado justo delante del ordenador central de instrucciones (altavoz).
- Tomando en cuenta la posición inicial, se miden los grados de separación entre los conejos (-60°, 0°, +60°) y la distancia hacia cada Karotz (200 cm).

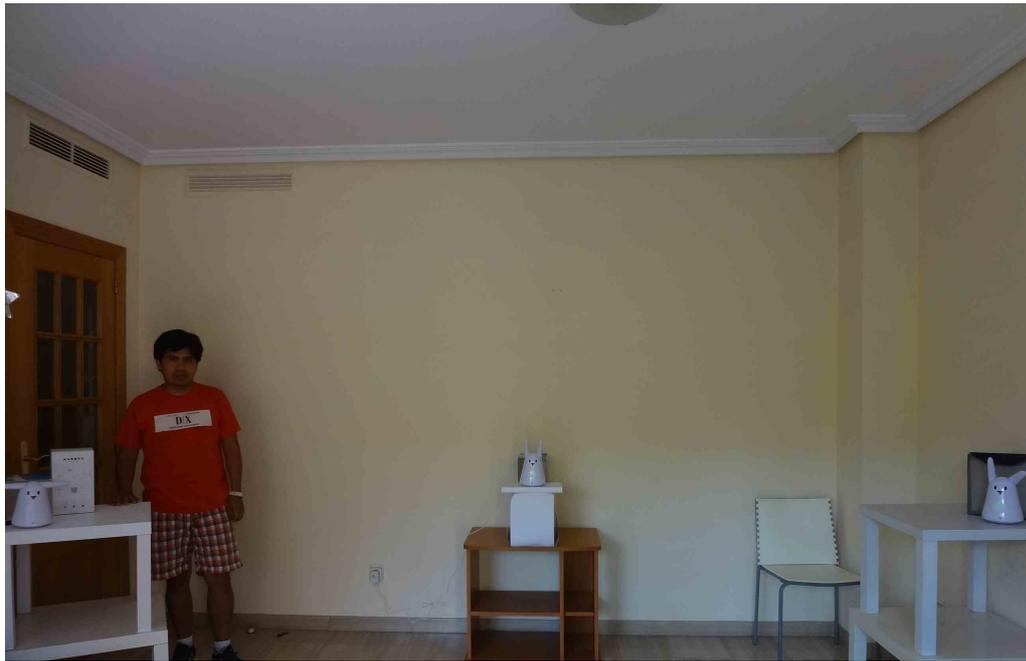


Figura 4.1: Espacio físico de las pruebas



Karotz (-60°)



Karotz (0°)



Karotz (+60°)

Figura 4.2: Imágenes de Karotz 1, 2 y 3

4.3 Habitación

4.3.1 Fase de Habitación

Previamente se explica al usuario cómo será el proceso de interacción, los nin@s y adultos se familiarizan con los conejos, se les explica que deben ubicarse en la posición inicial, y que desde allí escucharán instrucciones desde el ordenador central que está ubicado justo detrás de ellos, que deben estar atentos, la posición que tiene permite vigilar a todos los conejos y así podrán escuchar mejor los sonidos que ellos harán.



Figura 4.3: Explicación del Proceso

A continuación se ejecuta la aplicación, en donde aparecerá una interfaz con un menú de opciones, en donde el evaluador deberá elegir la opción Sesión de Habitación para dar inicio.

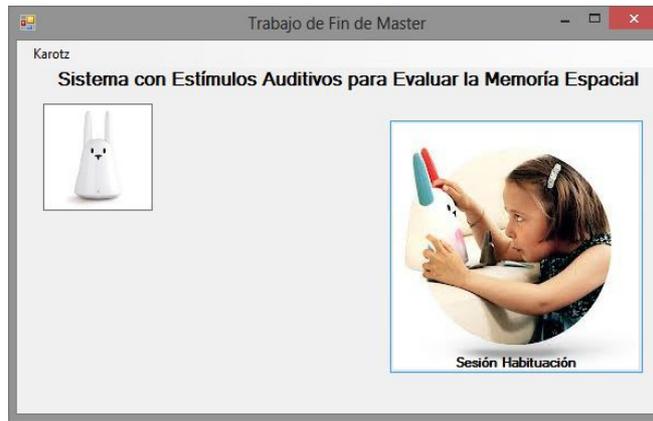


Figura 4.4: Pantalla de Inicio del Sistema

Para llevar un control estadístico de los datos en el sistema, se debe rellenar la siguiente información:

- Apellidos y Nombre del participante que será evaluado con el sistema
- Edad
- Género

Una vez registrada la información, el participante debe ubicarse en la posición señalada por el evaluador y se da inicio seleccionando en la interface el botón del MENSAJE DE BIENVENIDA A LA HABITUACIÓN, ver figura 4.5

Mensaje de Bienvenida a la Habitación	
Experimentos	0
Aciertos	0
Fallos	0
Tiempo Inicio	00:00:00
Tiempo Finaliza	00:00:00

Figura 4.5: Pantalla de ejecución del Sistema

Desde el altavoz de instrucciones que se encuentra ubicado detrás del participante, se emitirá las siguientes instrucciones verbales que se escuchan en el altavoz y aparecen de manera visual en la ventana que se encuentra a la espera de la respuesta como se observa en la figura 4.6

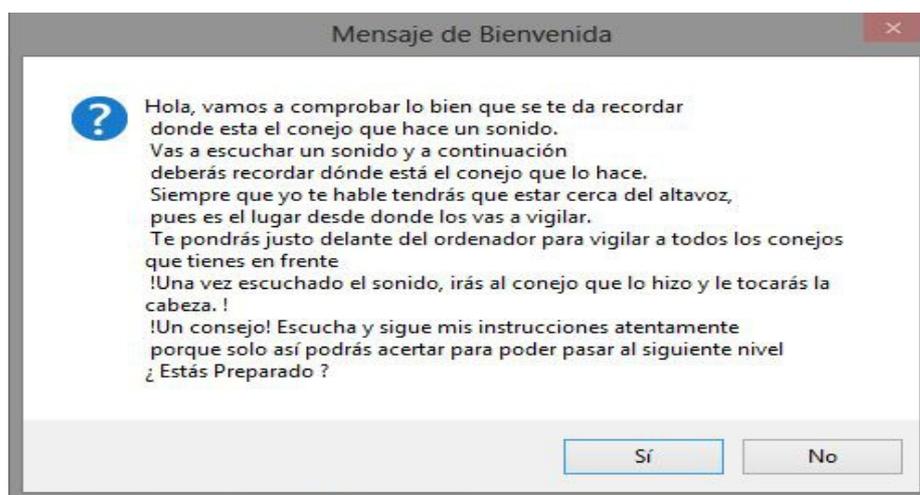


Figura 4.6: Pantalla del Mensaje de Habitación

Si contesta que SÍ entendemos que ha comprendido las instrucciones e iniciamos FASE DE DETECCIÓN, si contesta que NO volvemos a repetir el mensaje.

Una vez que el participante confirma que está preparado, el evaluador activa la FASE DE DETECCIÓN, para esto presionaremos la opción Fase 1 que se encuentra en la interfaz.

4.3.2 Fase de Detección (de 1 a 5 estímulos auditivos)

Arrancará al pulsar el botón de [Iniciar Test] (como se mencionó anteriormente).



Figura 4.7 Participante en espera de que se emita sonido

Las instrucciones se reproducirán y se escucharán en el altavoz que se encuentra ubicado atrás del participante como se muestra en la figura 4.7 y adicionalmente el usuario evaluador podrá observar una ventana que aparece en el sistema y que despliega el texto que se reproduce en el altavoz, esta ventana está a la espera de la respuesta de “¿Estás preparado?” , ver figura 4.8

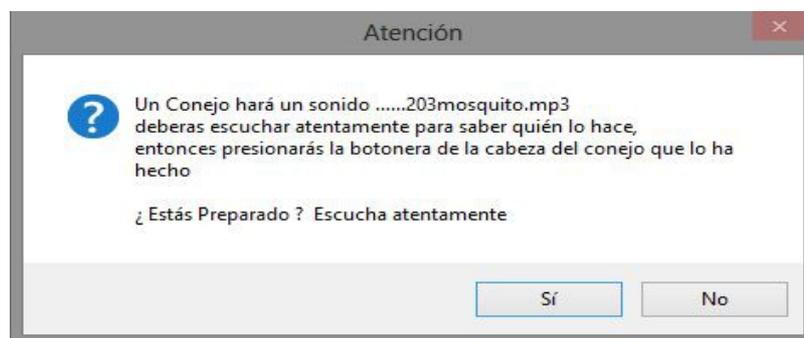


Figura 4.8: Pantalla de confirmación para continuar o reproducir nuevamente el sonido

En el caso de que el participante no este preparado se presiona la opción [No] y el sistema nuevamente puede volver a reproducir el sonido y el mensaje, una y otra vez hasta que el participante indique que [Si].

Si el participante respondió [Si], que transcurren 1500 mili-segundos de este mensaje y un Karotz (en la localización asignada pseudo_aleatoriamente como se comentó en las sección 3.5 y 3.6) emitirá el sonido X (el sonido y la duración también estarán asignados pseudo_aleatoriamente).

Una vez que uno de los Karotz emite el sonido, el participante acude al Karotz que el participante elija y presiona el botón de la cabeza, registrándose de esta manera en el sistema un acierto o error. Con el fin de no desmotivar al participante se emite el mensaje de detectado.



Figura 4.9: Participante que acude a Karotz elegido

4.4 Diseño de la Evaluación

El sistema desarrollado descrito en el capítulo anterior (ver sección 3.5) se probó con 15 niños y 6 adultos. En esta sección se explica con detalle a los participantes, la ubicación de los elementos y el procedimiento que se llevó a cabo durante las evaluaciones.

4.5 Participantes

Grupo 1: 15 niñ@s del Colegio Claret Valencia-Benimaclet participaron en el estudio. Hubo 9 varones (33%) y 12 mujeres (67%). Tenían entre seis y ocho años de edad, estaban terminado el curso académico de educación infantil y primaria respectivamente. La edad media fue de $6,42 \pm 0,85$.

Grupo 2: 6 adultos participaron en el estudio. Hubo 4 hombres (67%) y 2 mujeres (33%).

Tenían entre 28 y 42 años de edad, un estudiante Universitario y los demás Padres de Familia de los niños del Grupo 1. La edad media fue de $37,66 \pm 4,96$.

4.6 Mediciones

Las mediciones que se realizarán durante este estudio, vienen dadas en función de los cálculos que se hacen del número de aciertos y errores en la detección de los estímulos acústicos para cada condición de duración: 4, 3 ó 2 segundos,

También se calculan los aciertos y errores en la detección de los estímulos presentados en cada localización: -60° , 0° , $+60^\circ$.

Finalmente, tendremos también los valores del tiempo transcurrido desde que termina la reproducción del sonido en el Karotz hasta que se registra el pulsado en la cabeza de Karotz con la respuesta al estímulo. Estos tiempos se calcularán para cada localización (cada Karotz que haya emitido el estímulo) y para las 3 diferentes condiciones de duración del estímulo.

El número de errores nos ofrecerá un indicador de la capacidad del participante para identificar los estímulos acústicos según la localización en la que se encuentran y la duración.

4.7 Proceso

A los participantes se les explica brevemente el procedimiento del ensayo, su ubicación y la de los conejos, haciendo énfasis en que escuche atentamente. Inmediatamente, el evaluador desde el ordenador central ejecutará la aplicación del sistema y dará las respectivas instrucciones.

Se inicia la fase de habituación (tal como se detalla en la sección 4.3), luego continuamos con la fase de detección (tal como se detalla en la sección 4.4).

Efectivamente, cada usuario escucha los estímulos auditivos y según lo considera se desplaza hacia el Karotz y presiona el botón de su cabeza, marcando así su acierto o error en

el sistema, el conejo pronuncia la palabra “detectado” sea esta un acierto o fallo. Internamente el sistema registra el tiempo que tarda en dar la respuesta. Por tanto, el proceso para el participante es muy dinámico y motivante. Se debe tener en cuenta que es una fase inicial solo de entrenamiento y que falta completar la segunda fase del mismo.

4.8 Resultados

En esta sección se muestran los resultados de las mediciones realizadas en los diferentes ensayos con los dos grupos de participantes.

4.8.1 Aciertos y Errores por Duración de Sonidos

En la figura 4.20a se muestra el número de aciertos y errores registrados por los participantes por cada condición de duración de los sonidos, en los ensayos realizados con el Grupo 1.

Niñ@s	2 (seg)	3 (seg)	4 (seg)
Errores	9	5	8
Aciertos	20	14	16

Tabla 4.1 Aciertos y Errores detectados

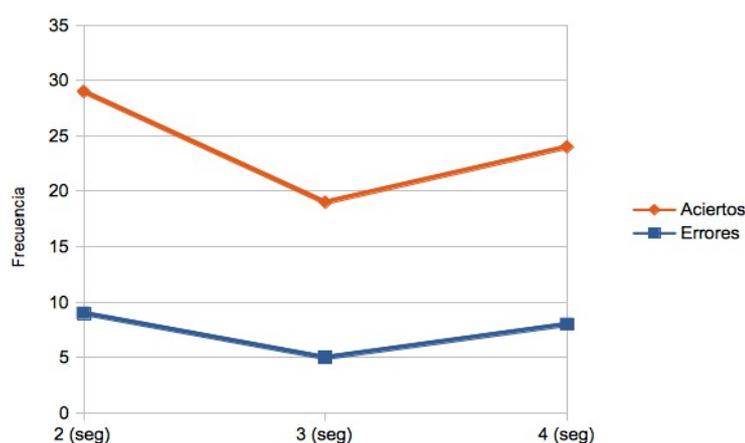


Figura 4.20a: Aciertos y Errores por duración de sonido – Grupo1

Como se puede observar la tendencia es la misma en cuanto a errores y aciertos por cada condición de duración de sonido, pero si se nota menor cantidad de errores en la condición de 3 segundos y mayor cantidad de errores en la de 2 segundos.

A continuación en la figura 4.20b se muestran el número de aciertos y errores registrados en los ensayos con el Grupo2 en relación a la duración de los sonidos.

Adultos	2 (seg)	3 (seg)	4 (seg)
Errores	0	0	0
Aciertos	11	15	10

Tabla 4.2 Aciertos y Errores detectados

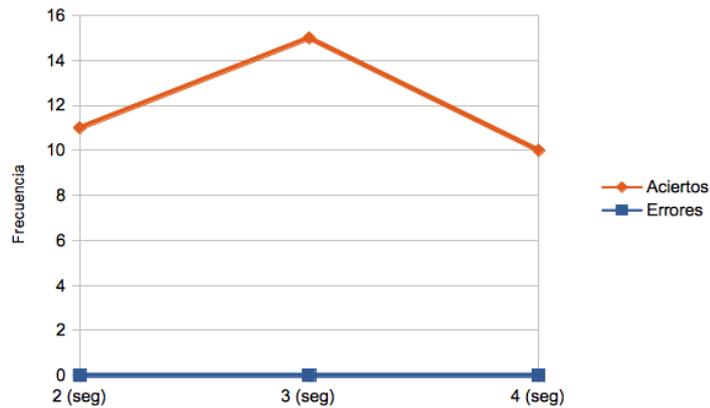


Figura 4.20b: Aciertos y Errores por duración de sonido - Grupo2

En los ensayos con el grupo 2, es decir las personas adultas, se puede observar que no contabilizan errores, pero si se puede observar que el menor número de aciertos es en la condición de 2 segundos, resultado que sugiere una revisión de los sonidos para verificar en cuales hubo dicha incidencia.

4.8.2 Aciertos y Errores por Localizaciones

Niñ@	KAROTZ_1 (-60°)	KAROTZ_2 (0°)	KAROTZ_3 (60°)
Aciertos	16	22	14
Errores	13	9	8

Tabla 4.3 Aciertos y Errores detectados

En la figura 4.21a se muestra el número de aciertos y errores registrados en los ensayos realizados con el Grupo 1 por cada localización, es decir, en cada Karotz. El mayor número de errores se registra en la localización de la posición izquierda -60° y el menor número de errores se registran en la localización de la posición derecha +60°. Lo que permite identificar que los participantes tienen mayor habilidad al

trabajar con el lado derecho que con el izquierdo.

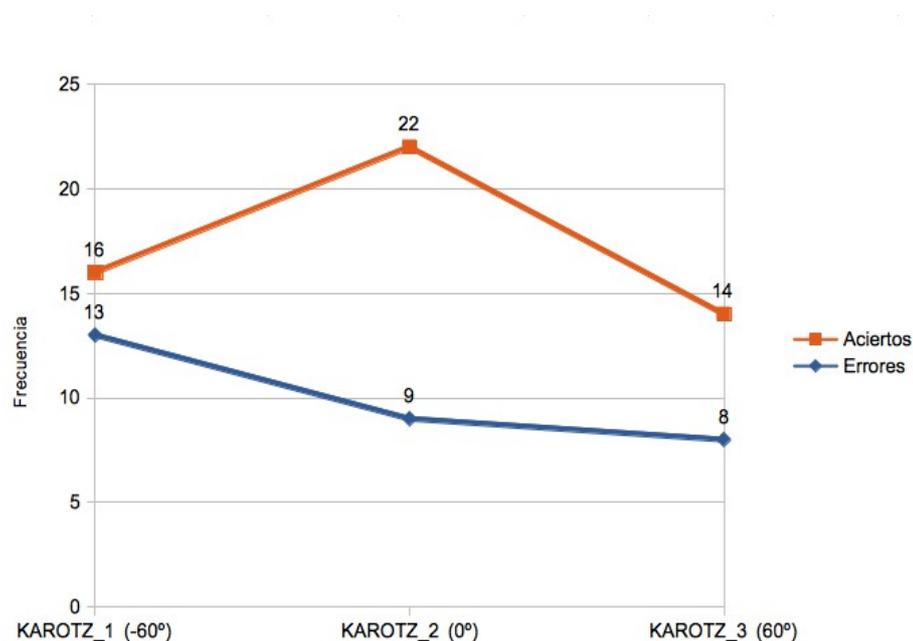


Figura 4.21a: Aciertos y Errores por localizaciones -Grupo1

A continuación se puede observar en la figura 4.21b el número de aciertos y errores registrados durante los ensayos con el Grupo 2-adultos por cada localización. No se registran errores, pero el mayor número de aciertos se localiza en la posición central 0°.

Adultos	KAROTZ_1 (-60°)	KAROTZ_2 (0°)	KAROTZ_3 (60°)
Aciertos	9	18	9
Errores	0	0	0

Tabla 4.4Aciertos y Errores detectados

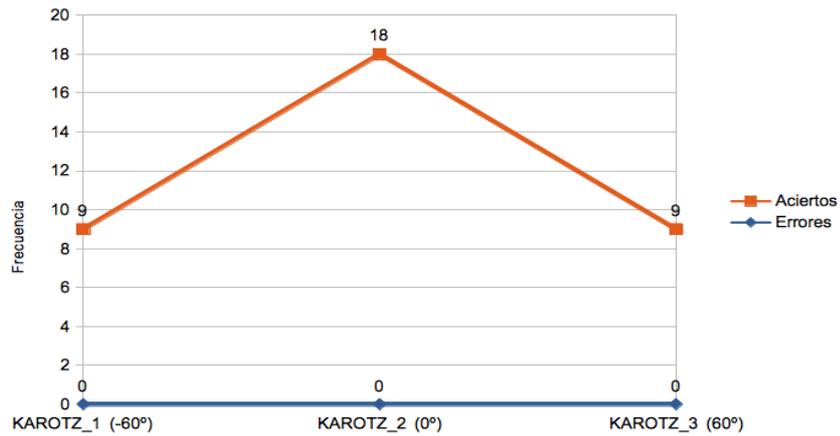


Figura 4.21b: Aciertos y Errores por localizaciones -Grupo2

4.8.3 Tiempo de Respuesta al Estímulo por Duración de Sonidos

En las gráficas que se presentan a continuación, se pueden observar los aciertos y errores registrados, teniendo en cuenta el tiempo que tarda cada participante en responder al estímulo por cada condición de duración del sonido. La figura 4.22a muestra el resultado con respecto a la duración del sonido de 2 segundos, ensayos realizados con el Grupo 1(G1) y se observa que el mayor número de aciertos se producen a los 12 y 16 segundos, seguido de los de 9, 11 y 17 segundos. Por tanto ningún participante tarda más de 17 segundos en responder al estímulo en el sonido de 2 segundos.

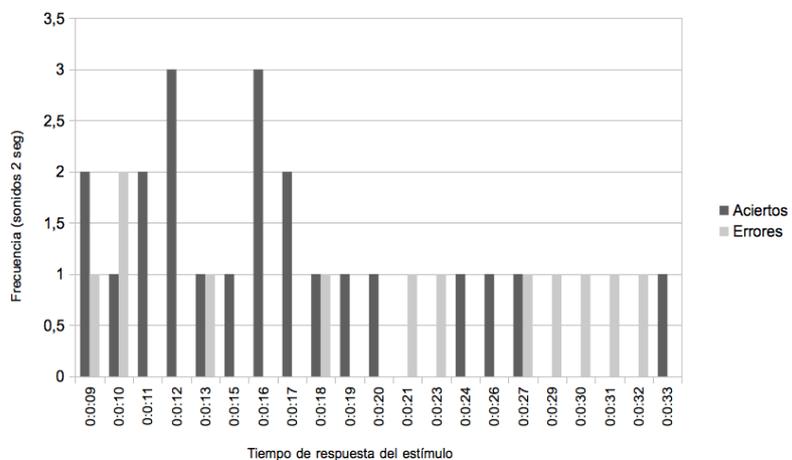


Figura 4.22a: Tiempo que usuarios tardan en responder al estímulo, en sonidos de 2 seg.-G1

La figura 4.22b muestra el resultado con respecto a la duración del sonido de 2 segundos, ensayos realizados con el Grupo 2(G2). Ahora los tiempos son aún más rápidos con las personas adultas, la frecuencia de aciertos se produce entre 10 y 14 segundos en promedio.

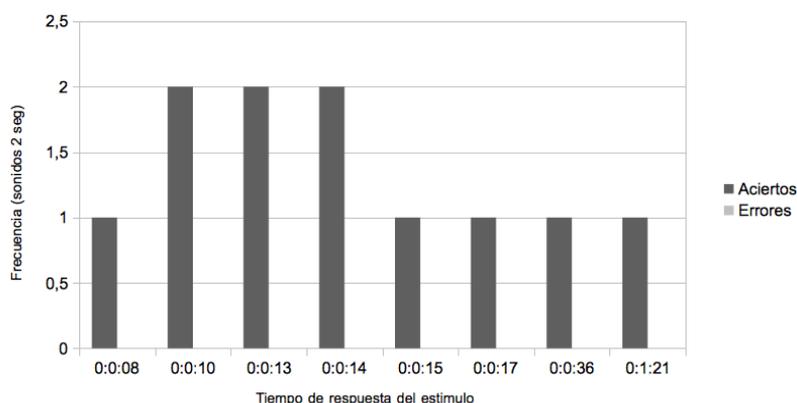


Figura 4.22b: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en sonidos de 2 seg.-G2

La figura 4.23a muestra el resultado con respecto a la duración del sonido de 3 segundos, ensayos realizados con el Grupo 1(G1), se puede observar que el mayor número de aciertos se producen a los 13 y 15 segundos y el mayor número de errores a los 18 y 19 segundos. Por tanto ningún participante tarda más de 15 segundos en responder al estímulo correctamente en el sonido de 3 segundos.

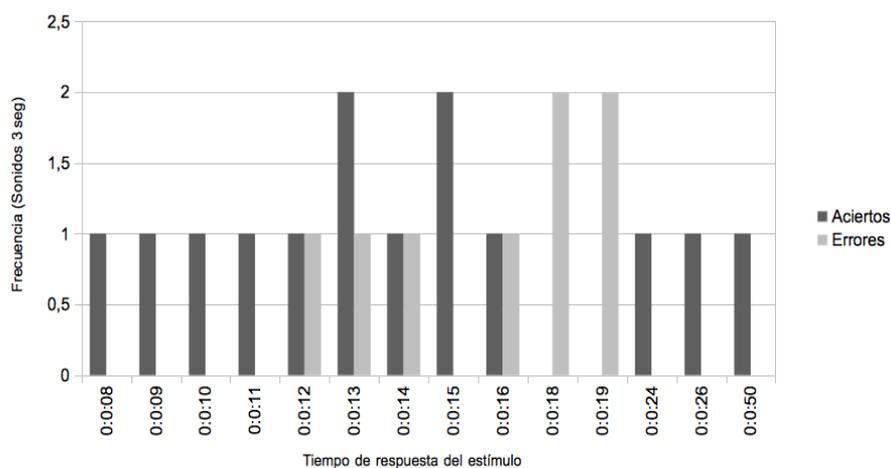


Figura 4.23a: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en sonidos de 3 seg.-G1

La figura 4.23b muestra el resultado con respecto a la duración del sonido de 3 segundos, ensayos realizados con el Grupo 2(G2). Tampoco se registran errores, pero los aciertos se producen en un rango de 10 y 12 segundos de rapidez en su respuesta al estímulo.

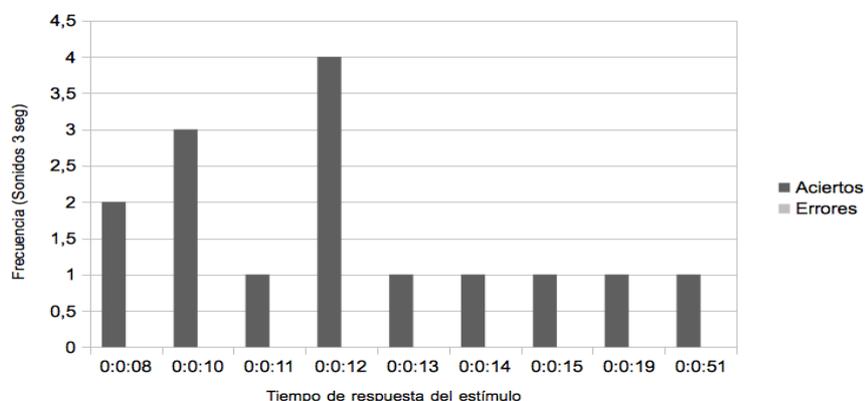


Figura 4.23b: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en sonidos de 3 seg.-G2

La figura 4.24a muestra el resultado con respecto a la duración del sonido de 4 segundos, ensayos realizados con el Grupo 1(G1). Podemos ver que el mayor número de aciertos y errores se producen a los 16 segundos en esta duración.

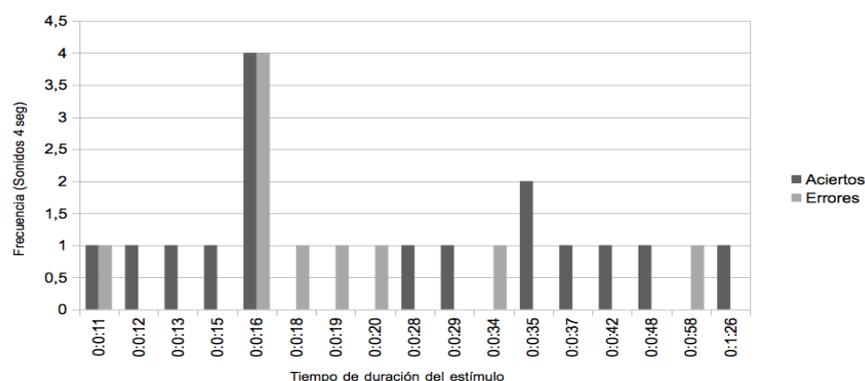


Figura 4.24a: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en sonidos de 4 seg.-G1

La figura 4.24b muestra el resultado con respecto a la duración del sonido de 4 segundos, ensayos realizados con el Grupo 2(G2). Los aciertos se producen en 7 segundos y errores no se registran.

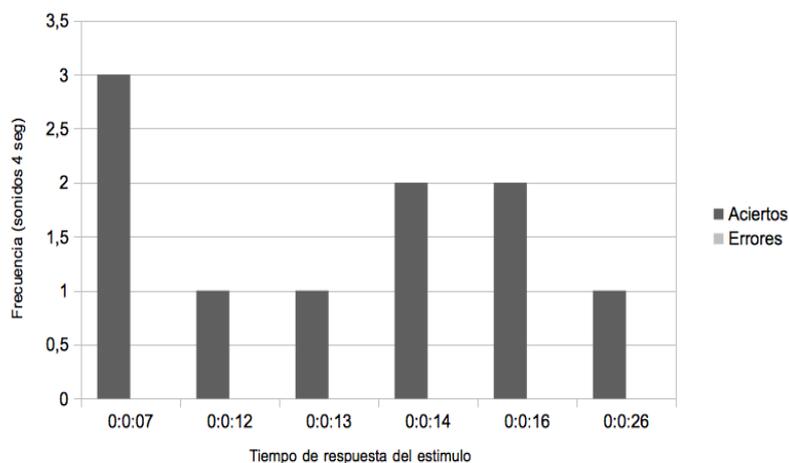


Figura 4.24b: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en sonidos de 4 seg.-G2

4.8.4 Tiempo de Respuesta al Estímulo por Localización

En las gráficas que se presentan a continuación, se pueden observar los aciertos y errores registrados, considerando el tiempo que tarda cada participante en responder al estímulo en cada localización. La figura 4.25a muestra el resultado con respecto a la localización -60° , ensayos realizados con el Grupo 1(G1). Se puede observar que en esta localización el mayor número de aciertos se produce a los 12 y 16 segundos. Y el mayor número de errores es en 16 segundos.

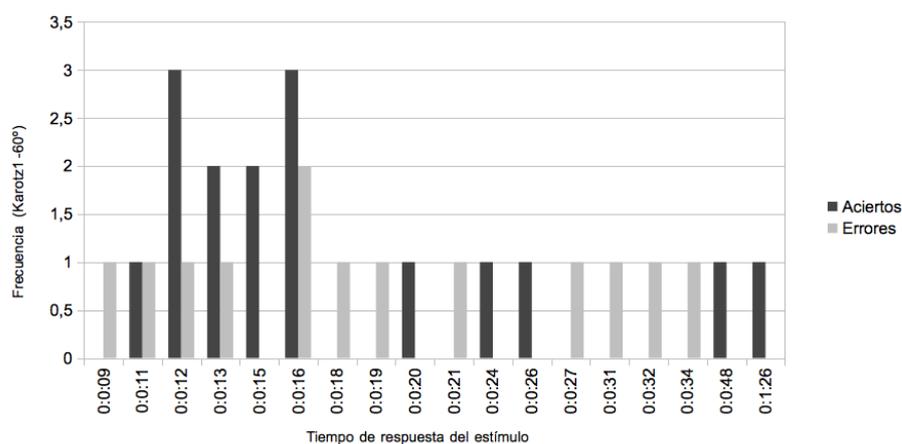


Figura 4.25a: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en la localización de -60° .-G1

La figura 4.25b muestra el resultado con respecto a la localización de -60° , ensayos realizados con el Grupo 2(G2). En esta localización se producen los aciertos a los 16 segundos, sin registrar errores.

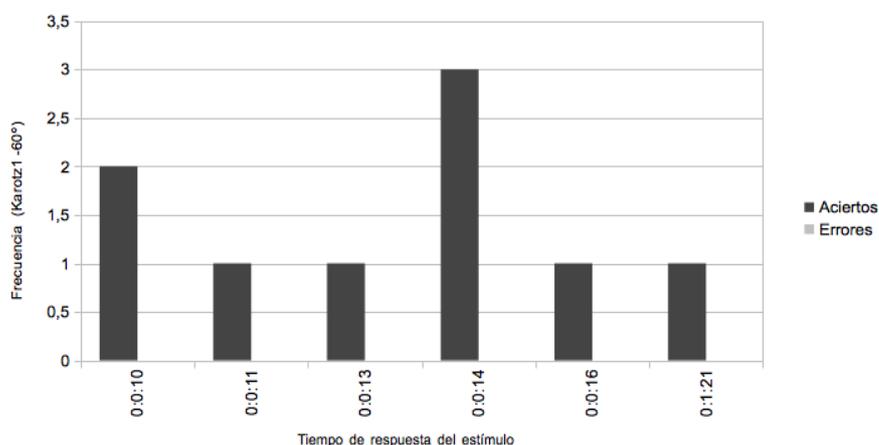


Figura 4.25b: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en la localización de -60° .-G2

La figura 4.26a muestra el resultado con respecto a la localización de 0° , ensayos realizados con el Grupo 1(G1). El mayor número de errores se produce a los 16 segundos en la localización central y los errores e los 16 segundos pero con menor frecuencia.

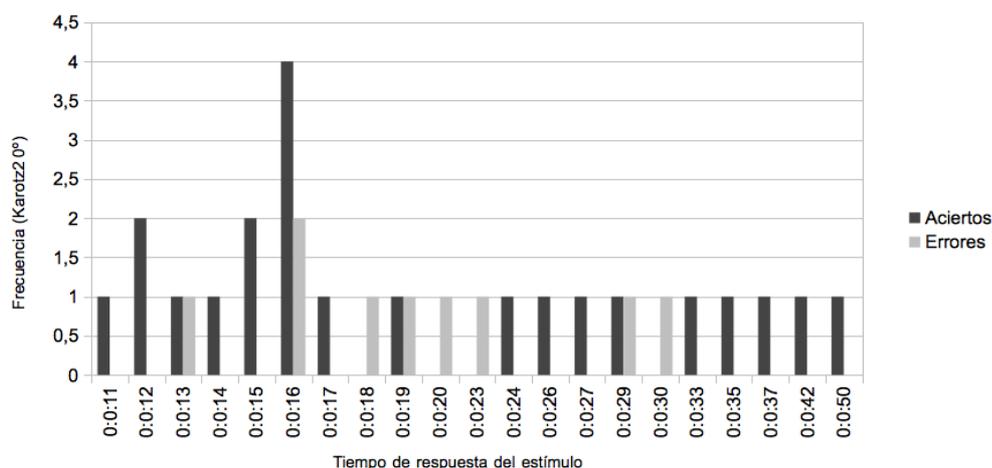


Figura 4.26a: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en la localización de 0° .-G1

La figura 4.26b muestra el resultado con respecto a la localización de 0° , ensayos

realizados con el Grupo 2(G2). No se registran errores y los aciertos se producen a los 12 segundos con mayor frecuencia.

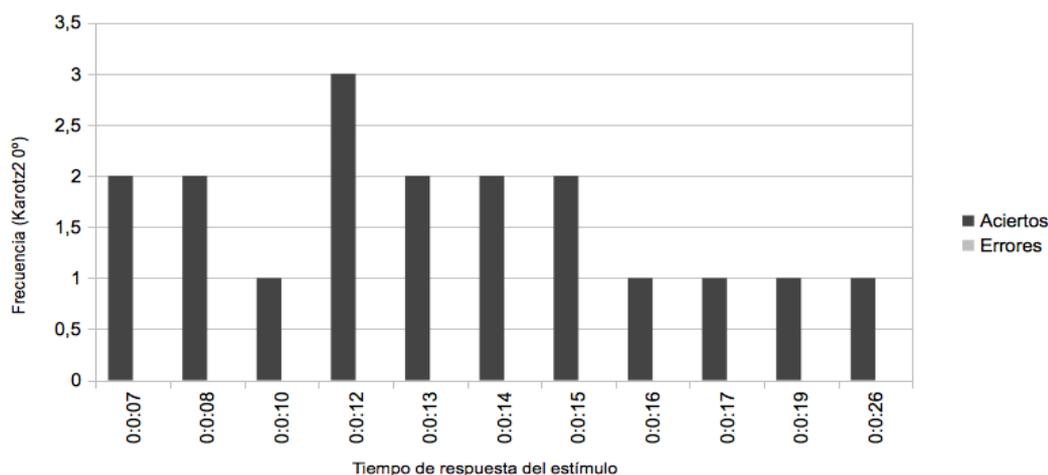


Figura 4.26b: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en la localización de 0°-G2

La figura 4.27a muestra el resultado con respecto a la localización de +60°, ensayos realizados con el Grupo 1(G1). Los aciertos se observan a los 9 segundos en la localización derecha en mayor frecuencia y a menor tiempo de respuesta, con respecto a los errores que se producen en la frecuencia 2 a los 10 y 18 segundos.

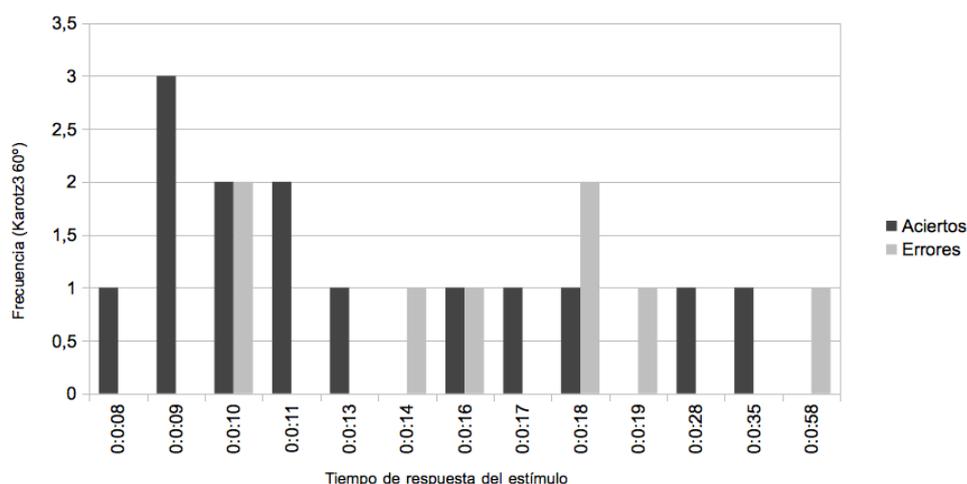


Figura 4.27a: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en la localización de +60°.-G1

La figura 4.27b muestra el resultado con respecto a la localización de +60°, ensayos

realizados con el Grupo 2(G2). Los resultados indican que no hay errores y que la mayor frecuencia de aciertos se produce a los 10 y 12 segundos.

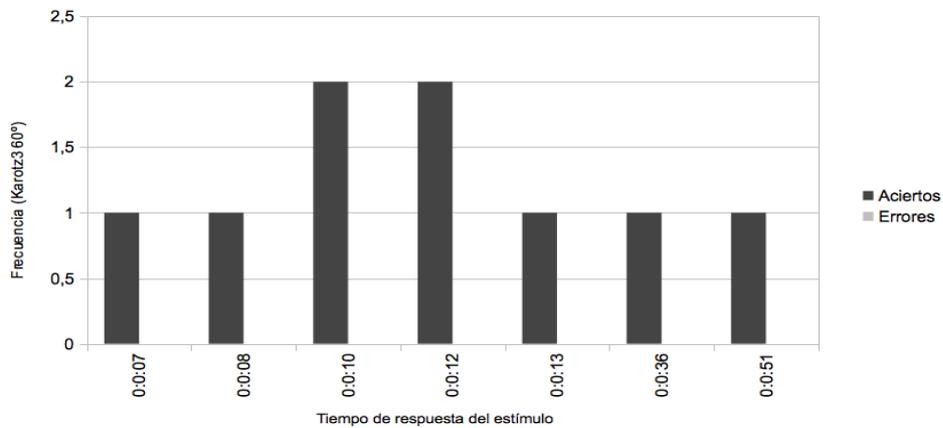


Figura 4.27b: Tiempo que los usuarios tardan en responder al estímulo, en la localización de +60°.-G2

4.9 Comparación de Resultados

A continuación se presentan los resultados de acuerdo a los grupos participantes niñ@s y adultos. Se registraron durante los ensayos los aciertos y errores de acuerdo a las localizaciones y condiciones de duración de los sonidos, tal como se muestra en la Tabla 4.1, lo que nos permite realizar la comparación y análisis.

Grupo	Ubicación de Karotz	Aciertos				Errores			
		2 (seg)	3 (seg)	4 (seg)	Total Aciertos	2 (seg)	3 (seg)	4 (seg)	Total Errores
Niñ@s	KAROTZ 1 (-60°)	7	4	5	16	7	2	4	13
	KAROTZ 2 (0°)	9	7	6	22	3	2	4	9
	KAROTZ 3 (60°)	6	3	5	14	2	4	2	8
Adultos	KAROTZ 1 (-60°)	4	3	2	9	0	0	0	0
	KAROTZ 2 (0°)	5	6	7	18	0	0	0	0
	KAROTZ 3 (60°)	2	6	1	9	0	0	0	0
Totales		33	29	26		12	8	10	

Tabla 4.1 : Resumen de Resultados

Analizaremos primero el grupo de niñ@s, ya que se dispone de datos tanto en aciertos como en errores en todos los ensayos realizados.

Entre las tres localizaciones, se puede observar que el mayor número de aciertos se produce en la localización de 0° con un total de 22, además si nos fijamos en el parámetro de duración de los sonidos el mayor número de aciertos coincide con la localización de 0° , con un total de 9 aciertos en la duración de 2 segundos. Por lo que podemos deducir que la posición central facilita la recepción del estímulo auditivo a pesar de su corta duración.

En contraposición a lo antes indicado, el que menor número de aciertos contabiliza es la posición $+60^\circ$ con un total de 14 y con respecto a la duración de los sonidos el menor número de aciertos se registra en la duración de 3 segundos con un total de 3 aciertos. Aunque los sonidos tengan mayor duración, influye la posición en la que se encuentra el estímulo auditivo con respecto a la ubicación del usuario, por lo que se registra un número menor de aciertos.

Ahora analizaremos el mayor número de errores registrados en los ensayos, con respecto a las localizaciones, se observa que en la localización -60° hay un total de 13 errores y al verificar la condición de duración de los sonidos, se encuentra que el mayor número de errores se produce en la duración de 2 segundos con 7 errores. Entonces, podemos decir que la posición izquierda tiene mayor grado de dificultad al momento de atender al estímulo auditivo y esto se incrementa si el sonido es de corta duración.

El menor número de errores se presenta en la localización $+60^\circ$, con un total de 8 y al verificar la condición de duración de los sonidos, se encuentra una coincidencia del menor número de errores en la duración de 2 y 4 segundos con un total de 2 errores. Por lo que presumimos que la condición de $+60^\circ$ tiene menor dificultad en recibir los estímulos auditivos descartando la duración del sonido.

Para el caso del grupo 2, es decir adultos, solo se pueden analizar los aciertos, dado que no se registran errores en esta fase de habituación. El mayor número de aciertos coincide con la localización que lograron los niños es decir la localización 0° . Además se observa que existe cierta dificultad en la duración del sonido de 2 segundos pues se registran 5 aciertos y en la duración de 4 segundos se registran 7 aciertos.

En conclusión de los datos analizados, podemos decir que la localización que tiene mayor dificultad es la de -60° , junto con la duración del sonido de 2 segundos y que produce menor dificultad a los usuarios la localización 0° sin dar mayor importancia a la corta o larga duración del sonido.

CAPÍTULO

V

Conclusiones y Trabajos Futuros

5.1 Conclusiones

En esta tesina, se realizó una investigación sobre estímulos auditivos para evaluar la memoria espacial a corto plazo con el uso de nuevos dispositivos ambientales. Se ha desarrollado la fase de habituación y detección basadas en las especificaciones dadas por el equipo de Psicología del Proyecto CHILDMNEMOS. Por lo que sabemos, éste es el primer trabajo en el que se utilizan estímulos auditivos para evaluar la memoria espacial a corto plazo.

Por otra parte, también es el primer trabajo en el que se utilizan dispositivos ambientales tipo Karotz para evaluar la memoria espacial a corto plazo. El uso de un banco de sonidos, catalogados, editados y clasificados por su duración, más la ubicación de cada localización considerando los grados de separación entre los dispositivos y la altura a la que han sido ubicados de acuerdo al participante, es también una novedosa parte del estudio.

A continuación, presentamos nuestra interpretación de los datos que han sido registrados en el sistema, como resultado de los ensayos realizados.

En el primer estudio, han participado 15 niñ@s. Al inicio parecían no concentrarse, al continuar con el proceso y escuchar cada vez más los estímulos y el mensaje del conejo se incrementaba la motivación, aunque de ello no se disponga de un significado estadístico. Sin embargo, la interacción con el Karotz ha dado una percepción totalmente positiva para los niñ@s.

En el segundo estudio, los adultos, especialmente los Padres de Familia, también se motivaron y voluntariamente quisieron participar en el estudio, pero en este caso, se observaban resultados casi siempre de acierto.

Como conclusión sobre los datos analizados podemos decir que la localización que tiene mayor dificultad es la de -60° y más aún si la duración del sonido es de 2 segundos. La menor dificultad para los usuarios es la localización 0° sin dar mayor importancia a la duración del sonido. Además entre los dos grupos estudiados se puede advertir la coincidencia que se produce en el número de aciertos en la localización 0° , con la diferencia de que los niños alcanzan mayor número de aciertos en la duración de 2 segundos y los adultos en la duración de 4 segundos, a pesar de ser el mismo número de estímulos auditivos los que se han utilizado.

Finalmente, en nuestra opinión, la integración de tecnología, estímulos auditivos y los nuevos dispositivos ambientales Karotz son apropiados para evaluar la memoria espacial a corto plazo. Karotz es un dispositivo con gran potencial y que no se ha explotado. Por otra parte, desarrollar sistemas en los que el usuario tenga una novedosa forma de interactuar usando su sentido del oído, el tacto y sus movimientos resulta un gran aporte y se convierte, además, en una contribución importante para las ciencias que estudian la memoria humana.

5.2 Trabajos Futuros

Esta tesina presenta los primeros estudios y desarrollos para estímulos auditivos y memoria espacial. Como tal, los trabajos futuros son considerables. En esta sección únicamente se mencionarán aquellos que se pretende llevar a cabo a corto plazo y que son los siguientes:

- Completar el sistema con la fase de retención.
- Validar el sistema con niños.
- Validar el sistema con adultos.

Bibliografía

Astur, R.S., Taylor, L.B., Mamelak, A.N., Philpott, L., Sutherland, R.J. (2002) Humans with hippocampus damage display severe spatial memory impairments in a virtual Morris water task. *Behavioural Brain Research*, 132(1): 77-84

Astur, R.S., Tropp, J., Sava, S., Constable, R.T., Markus, E.J. (2004) Sex differences and correlations in a virtual Morris water task, a virtual radial arm maze, and mental rotation. *Behavioural Brain Research*, 151(1-2): 103-115

Burgess, N., Maguire, E.A., Spiers, H.J., O'Keefe, J. (2001) A temporoparietal and prefrontal network for retrieving the spatial context of lifelike events. *Neuroimage*, 14: 439-453

Burgess, N., Maguire, E.A., O'Keefe, J. (2002) The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 35: 625-641

Cánovas, R., García, R.F., Cimadevilla, J.M. (2011) Effect of reference frames and number of cues available on the spatial orientation of males and females in a virtual memory task. *Behavioural Brain Research*, 216(1): 116-121

Cimadevilla, J.M., Cánovas, R., Iribarne, L., Soria, A., López, L. (2011) A virtual-based task to assess place avoidance in humans. *Journal of Neuroscience Methods*, 196(1): 45-50

Graham, J.A., & Heywood, S. (1975). The effects of elimination of hand gestures and of verbal codability on speech performance. *European Journal of Social Psychology*, 5: 185-189

Grill-Spector, K., Henson R., Martin A. (2006) Repetition and the brain: neural models of stimulus-specific effects. *Trends in Cognitive Sciences* 10(1): 14–23

Kelly, D.M., Gibson, B.M. (2007) Spatial navigation: spatial learning in real and virtual environments. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, 2: 111-124

Koenig, S.T., Crucian, G.P., Dünser, A., Bartneck, C., Dalrymple-Alford, J.C. (2011) Validity evaluation of a spatial memory task in virtual environments. *International Journal of Design and Innovation Research*, 6 (1): 1-13

Linn, M.C., Petersen, A.C. (1985) Emergence and characterisation of gender differences in spatial abilities: a meta-analysis. *Child Development*, 56(6): 1479-1498

Méndez-López, M., Méndez, M., López, L., Arias, J.L. (2009) Sexually dimorphic c-Fos expression following spatial working memory in young and adult rats. *Physiology & Behavior*, 98(3): 307- 317

Morris, R. (1984) Developments of a water-maze procedure for studying spatial learning in the rat. *Journal of Neuroscience Methods*, 11(1): 47-60

Munoz, M., Morris, RGM. (2009) Episodic memory in animals. *New Encyclopedia of Neuroscience*. 3: 1173-1182

Oades, R.D., Isaacson, R.L. (1978) The development of food research behaviour by rats: the effects of hippocampal damage and haloperidol. *Behavioral Biology*, 24(3): 327-337

Olton, D.S. (1987) The radial arm maze as a tool in behavioural pharmacology. *Physiology & Behavior*, 40(6): 793-797

Rauscher, F.H., Krauss, R.M., Chen, Y. (1996) Gesture, Speech, and Lexical Access:

The Role of Lexical Movements in Speech Production, *Psychological Science*, 7(4): 226-231

Shore, D.I., Stanford, L., MacInnes, W.J., Klein, R.M., Brown, R.E. (2001) Of mice and men: virtual Hebb-Williams mazes permit comparison of spatial learning across species. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 1(1): 83-89

Sokolov, E.N. (1977) Brain functions: neuronal mechanisms of learning and memory. *Annu Rev Psychol*, 28: 85–112

Sturz, B.R., Bodily, K.D. (2010) Encoding of variability of landmark-based spatial information. *Psychological Research*, 74(6): 560-567