



Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Cómputo

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

Usabilidad de modos de interacción para realidad aumentada en tabletas

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
Maestría en Sistemas Computacionales Móviles

PRESENTA:

ANA GEORGINA GUERRERO HUERTA

DIRECTORA:

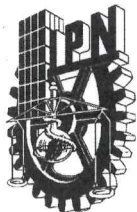
M. en C. Erika Hernández Rubio

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCOM
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

Enero 2019.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 13:00 hrs. horas del día 22 del mes de Junio del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de SEPI - ESCOM para examinar la tesis titulada:

“Usabilidad de modos de interacción para realidad aumentada en tabletas”

Presentada por el alumno:

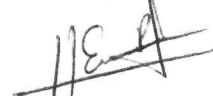
Guerrero	Huerta	Ana Georgina							
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)							
	Con registro:	<table border="1"> <tr> <td>B</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> </table>	B	1	6	0	5	4	2
B	1	6	0	5	4	2			

aspirante de:
Maestría en Ciencias en Sistemas Computacionales Móviles


Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis



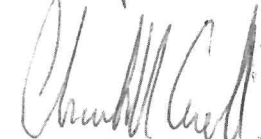
M. en C. Erika Hernández Rubio
Vocal 1



Dra. Lorena Chavarría Báez
Presidente



Dra. Elena Fabiola Ruiz Ledesma
Secretaria



M. en C. Chadwick Carreto Arellano
Vocal 3



Dra. Blanca Esther Carvajal Gámez
Suplente

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



S.E.P.

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Lic. Andrés Ortigoza Carrasco
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de México el día 13 del mes de diciembre del año 2018, la que suscribe **Ana Georgina Guerrero Huerta**, alumna del **Programa de Maestría en Ciencias Computacionales Móviles** con número de registro **B160542**, adscrito a la **Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Cómputo**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la **M. en C. Erika Hernández Rubio** y cede los derechos del trabajo intitulado **“Usabilidad de modos de interacción para realidad aumentada en tabletas”**, al **Instituto Politécnico Nacional** para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **aguerreroh1600@alumno.ipn.mx**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ana Georgina Guerrero Huerta

*Dedicado a mis padres
y al amor de mi vida*

Resumen

Las oportunidades de desarrollo de aplicaciones móviles han aumentado y esto se debe al incremento del uso de dispositivos móviles. Para desarrollar una aplicación móvil se deben utilizar prácticas de diseño centrado en el usuario, la cuál se enfoca en aspectos como la manera en que los usuarios pueden interactuar con la aplicación, ya que esta debe adecuarse a las características de la población hacia la cual está enfocada, de lo contrario, los usuarios no podrán realizar las tareas de manera eficiente. Al centrar el diseño en una población específica, se deben encontrar las áreas de oportunidad para lograr una mejora en la vida de los usuarios. Un ejemplo son los adultos mayores, los cuales pueden llegar a padecer deterioros visuales, de movimiento, auditivos y cognitivos. Entre los padecimientos cognitivos que pueden llegar a padecer, está la deficiencia en el pensamiento espacial. Para determinar si una persona padece de alguna discapacidad cognitiva, es necesario realizar diversas pruebas con especialistas. Algunas pruebas neuropsicológicas han sido virtualizadas debido a la necesidad que los especialistas han expresado, de contar con herramientas eficientes y de bajo costo, que sean fáciles de utilizar, prácticas, portables y con un diseño adaptado a las necesidades de los pacientes. También se han realizado sistemas en realidad aumentada para mejorar la salud de las personas de la tercera edad, como un software que contribuye a la realización de ejercicios que ayudan para el balance y el modo de andar de los adultos mayores, para desplegar el ambiente virtual se utilizan lentes de RA. En este estudio, se realiza una comparación entre las modalidades de interacción que se pueden implementar en una tableta para realidad aumentada, enfocado a los adultos mayores, mediante la realización de la prueba neuropsicológica de Yerkes.

Abstract

The opportunities for mobile application development have increased and this is due to the increased use of mobile devices. To develop a mobile application, it should be used user-centered design practices, which focuses on aspects such as how users can interact with the application, because it should be adapted to the characteristics of the population target, otherwise, users will not be able to perform tasks efficiently. When focusing the design on a specific population, areas of opportunity must be found to get better lives of users. An example is the elderly, which can suffer from visual, movement, auditory and cognitive impairments. Among the cognitive impairment that they may have, is the deficiency in spatial thinking. To determine if a person suffers from a cognitive disability, it is necessary to perform various tests with specialists. Some neuropsychological tests have been virtualized due to the need that specialists have expressed, to have efficient and low-cost tools that are easy to use, practical, portable and with a design adapted to the needs of patients. Systems have also been made in augmented reality to improve the health of the elderly, how software that helps to perform exercises that help balance and the way of walking of older adults, this project managed the use of RA lenses. In this study, a comparison is made between the interaction modalities that can be implemented in a tablet for augmented reality, focused on the elderly, through the performance of the neuropsychological test of Yerkes.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado con el apoyo de la **M. en C. Erika Hernández Rubio** y del **Dr. Amilcar Meneses Viveros**, quienes han sido muy pacientes conmigo durante mi aprendizaje sobre la investigación. Ustedes me han abierto las puertas al mundo del que ahora quiero formar parte. Me alentaron a sobrepasar mis propios límites y en los momentos en los que hubo problemas, me comprendieron. Estaré eternamente agradecida por ello.

A **mis padres, Ana Laura y Francisco**, por el apoyo y cariño que me han dado, no sólo durante mi paso por la maestría, sino toda mi vida. Han cuidado de mí y me han soportado cuando estaba estresada, enferma, cansada o de malas. Gracias, porque con su sabiduría, han sabido darle luz a mi camino. Los amo y esta tesis también es por y para ustedes, que han seguido mi trayectoria desde el principio y me han motivado a continuar. Gracias.

Al **M. en C. Juan Jesús García Centeno**, por darme tanto amor y animarme a seguir cada vez que quería renunciar. Gracias por darme consejo cada vez que me sentía perdida. Gracias por escucharme siempre. Eres un hombre excepcional y estoy segura de que vas a llegar muy lejos, sólo espero que sea de mi mano.

A mis tías **Maythe y Marlem** y **mis primas, Mónica, Paolina, Gaby y Paty**, que me han apoyado de mil maneras, a lo largo de mi vida, pero especialmente durante la maestría, en esas situaciones infortunadas en las que, sin pedírselos, ustedes nos tendieron la mano y no nos dejaron caer, ni a mí, ni a mis padres.

A **mis amigos**, que han soportado mis histerias y mis largas ausencias por escribir esta tesis, pero también son los que han despejado mis miedos, me han exhortado a vivir aventuras y a seguir sonriendo sin importar las adversidades. Espero poder hacer lo mismo por ustedes.

A **mis compañeros y profesores**, que diariamente me apoyaban de una u otra manera, ya sea con las materias o simplemente haciendome reír. Gracias, porque compartiendo conmigo sus conocimientos y experiencias, me han ayudado a llegar hasta aquí.

Al **Centro Familiar No. 11 - Miguel Ramos Arizpe**, por facilitar el contacto con las personas de la tercera edad. Con su amabilidad y atención, lograron que la aplicación de las pruebas fuera todo un éxito. También agradezco **a las personas que amablemente me prestaron su tiempo, su atención y su confianza para realizar las pruebas**, fueron muy pacientes conmigo y trabajar con ustedes fue una experiencia increíble, ustedes son mi motivación para continuar con esta investigación hasta conseguir una mejoría en sus vidas. De igual manera, agradezco a **la M. en C.**

Alejandra Hernández, por ayudarme a contactar con algunas personas de la tercera edad.

A la **Dra. Lorena Chavarría Báez**, a la **Dra. Elena Fabiola Ruiz Ledesma**, al **M. en C. Chadwick Carreto Arellano** y a la **Dra. Blanca Esther Carvajal Gámez**, quienes han realizado las aportaciones y correcciones necesarias para mejorar mi tesis.

Al **Instituto Politécnico Nacional**, que me hicieron beneficiaria de su programa de becas. También agradezco al **Programa de Becas de Estímulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI)**, los cuales me beneficiaron a través de los proyectos 20170977 - “Desarrollo de pruebas visuales de Luria en interfaces de usuario distribuidas para adultos mayores” y 20181095 - “Diseño de la arquitectura de middleware para protocolos criptográficos en dispositivos restringidos”. De igual manera, agradezco al **Gobierno del Estado de México**, que a través del **Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT)** me otorgó la Beca de Estudios de Posgrado.

Finalmente, agradezco a la **Sección de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Cómputo**, que me aceptaron y me brindaron las herramientas para mi óptimo desarrollo.

Índice general

1. Introducción	17
1.1. Antecedentes	19
1.2. Formulación del problema	20
1.3. Preguntas de investigación	20
1.4. Propuesta de Solución	20
1.5. Objetivos	20
1.5.1. Objetivo general	20
1.5.2. Objetivos específicos	21
1.6. Justificación	21
1.7. Estado del arte	21
1.7.1. Pruebas neuropsicológicas	21
1.7.2. Diseño de interfaces en dispositivos móviles para adultos mayores	22
1.7.3. Realidad aumentada para adultos mayores	23
1.8. Marco Teórico	23
1.9. Metodología de la investigación	25
2. Realidad aumentada	27
2.1. Origen de la RA.	27
2.2. Realidad aumentada en dispositivos móviles.	29
2.3. Dispositivos de despliegue.	30
2.4. Modalidades de interacción para la realidad aumentada.	31
3. Deterioros de los adultos mayores en México.	33
3.1. Población de adultos mayores en México.	33
3.2. Deterioros de los adultos mayores.	34
3.3. Problemas cognitivos más frecuentes de los adultos mayores.	35
3.4. Servicios geriátricos en México.	36
3.5. Pruebas de Luria.	36
3.5.1. Prueba de Kohs.	36
3.5.2. Prueba de Rupp.	36
3.5.3. Prueba de las manos.	37
3.5.4. Prueba de Yerkes.	37
3.6. Diseño para aplicaciones móviles orientado a adultos mayores.	37

ÍNDICE GENERAL

4. Modalidades de interacción para adultos mayores.	39
4.1. Visión	39
4.2. Oído	41
4.3. Cognición	41
4.4. Movimiento	41
5. Diseño de la interfaz de usuario para la prueba de Yerkes.	43
5.1. Selección de las modalidades de interacción.	43
5.2. Interfaz de la aplicación móvil para la prueba de Yerkes para adultos mayores.	44
5.2.1. Registro de usuarios.	44
5.2.2. Selección de modalidad.	45
5.2.3. Prueba de Yerkes.	45
5.3. Realización de tareas	45
5.3.1. Modalidad Táctil	46
5.3.2. Modalidad Basada en Visión	47
5.3.3. Modalidad de voz	48
5.4. Alcances y limitaciones	49
6. Pruebas de usabilidad	51
6.1. Primera iteración	51
6.2. Cuestionarios de evaluación de las modalidades e interfaz de la aplicación móvil	51
6.3. Participantes	52
6.4. Procedimiento del experimento	53
6.5. Recolección de datos	54
7. Resultados, conclusiones y trabajo a futuro.	55
7.1. Resultados	55
7.1.1. Análisis de las modalidades y características de la interfaz	55
7.1.2. Desarrollo de la aplicación móvil	56
7.1.3. Pruebas de usabilidad	57
7.1.4. Análisis estadístico	60
7.2. Discusión	61
7.3. Productos académicos	62
7.4. Conclusiones	63
7.5. Trabajo a Futuro	64
Bibliografía	65
A. Cuestionario previo a la prueba.	73
B. Cuestionario posterior a la prueba.	75

Capítulo 1

Introducción

Las oportunidades de desarrollo de aplicaciones móviles han aumentado [1] y esto se debe al incremento del uso de dispositivos móviles, a un grado tal que estos han incurrido en diversas áreas, cómo el entretenimiento, la medicina y la educación [2].

La creación de software para dispositivos móviles implica planificación y diseño, con el fin de lograr satisfacción en el usuario y con ello, la aceptación del producto, el cual puede ser una aplicación móvil [3]. Para diseñar una aplicación móvil, se debe tener en cuenta el dispositivo en el cuál estará instalado, el sistema operativo en el cuál va a correr y las personas que la van a utilizar [4]. Los dispositivos móviles en los cuales la aplicación puede estar instalada, pueden contar con poca memoria y baja capacidad de procesamiento [5]. Los diseñadores deben tener en cuenta que los sistemas operativos de los dispositivos móviles imponen sus propias restricciones, cómo la interacción mediante la pantalla multi-touch, los cambios de orientación en el dispositivo, y los gestos táctiles [6]. Pero casi principalmente, se deben considerar las necesidades y características del usuario, ya que es este quién finalmente debe resultar satisfecho al utilizar la aplicación, porque eso brindará aceptación [3].

Un diseño debe centrarse en el usuario, no debe realizarse según criterio o porque es sencillo de implementar [1]. Para realizar diseños centrados en el usuario, es posible auxiliarse de la Interacción Humano-Computadora (HCI), que es una disciplina de gran ayuda cuando se quiere diseñar aplicaciones móviles. La HCI toma en cuenta las características que puede tener el usuario y estudia el efecto que estas pueden tener en el rendimiento de la aplicación [7]. Por ejemplo, la manera en que los usuarios pueden interactuar con la aplicación, debe adecuarse a las características de la población hacia la cual está enfocada, porque de lo contrario, los usuarios no podrán realizar las tareas de manera eficiente [8].

Al centrar el diseño en una población específica, se deben encontrar las áreas de oportunidad para lograr una mejora en la vida de los usuarios, un ejemplo de discapacidad cognitiva es la deficiencia en el pensamiento espacial, que consiste en la dificultad que presentan las personas para la realización de tareas como navegación por mapas u otras aplicaciones que impliquen un desplazamiento, y/ó posicionamiento. Esta capacidad trata de cómo las personas se ubican en el entorno respecto a diferentes objetos, además de no ser capaces de resolver problemas de rotación de imágenes dentro de la mente de una manera oportuna. La presencia de esta discapacidad puede ser una señal

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

que indique que el paciente padece demencia [9].

Para determinar si una persona padece de alguna discapacidad, es necesario realizar diversas pruebas con especialistas. El área de la neuropsicología es la encargada de realizar pruebas para medir la capacidad constructiva, pensamiento espacial y habilidad matemática de las personas. Los especialistas utilizan la prueba de Yerkes, cuyo objeto es que el usuario sea capaz de replicar una figura compleja compuesta por una cantidad variable de cubos pequeños. La dificultad que representa esta prueba es la capacidad de visualizar mentalmente cómo y por cuántos cubos está compuesta la figura para poder así reproducirla [9].

Algunas pruebas neuropsicológicas han sido virtualizadas debido a la necesidad que los neuropsicólogos han expresado, de contar con herramientas eficientes y de bajo costo, que sean fáciles de utilizar, prácticas, portables y con un diseño adaptado a las necesidades de los pacientes [10]. Por ejemplo, las pruebas psicológicas de Poppelreuter y Raven, las cuáles ayudan a analizar habilidades cognitivas y enfermedades mentales como la agnosia visual [11]. Otro ejemplo es la prueba del aprendizaje de palabras, la cual evalúa la memoria de los adultos mayores y con los resultados obtenidos, se puede generar la curva de memoria del paciente [12].

También se han realizado sistemas en realidad aumentada para mejorar la salud de las personas de la tercera edad, cómo un software que ayuda a la realización de ejercicios que ayudan para el balance y el modo de andar de los adultos mayores. Este proyecto manejó el uso de lentes de RA [13]. Para la interacción con esta tecnología, se han utilizado diversos dispositivos, cómo son los CAVE [14], Kinect [15], computadoras [16] y los lentes de realidad aumentada [13], sin embargo, estas tecnologías presentan algunas desventajas, como errores de precisión, alta necesidad de ambientes controlados, dolores musculares, problemas de percepción y costo elevado, por lo cual se ha propuesto su implementación en tabletas, ya que estas son económicas, accesibles y portables [17, 18, 19].

Este documento consiste de 6 capítulos. En el Capítulo 1, se explican los antecedentes y se plantea el problema de investigación, así como las preguntas de investigación, la propuesta de solución, los objetivos, tanto el general cómo los específicos, la justificación, el estado del arte sobre usabilidad con adultos mayores en dispositivos móviles, las pruebas neuropsicológicas que se han desarrollado para adultos mayores, y pruebas de eHealty en RA, el marco teórico y la metodología de la investigación. En el Capítulo 2, se presenta una investigación acerca de la realidad aumentada en la que se explican su origen, el proceso funcional en los dispositivos móviles, los diversos dispositivos de despliegue y las ventajas de uso. El Capítulo 3 habla de los deterioros de los adultos mayores, explicando como está compuesta la población de personas de la tercera edad en México, como se dividen los problemas de las personas de edad geriátrica, las enfermedades cognitivas más comunes y como diseñar aplicaciones móviles para los adultos mayores. El Capítulo 4 es un análisis de las modalidades de interacción con cada deterioro de las personas de la tercera edad. En el Capítulo 5 se muestra el diseño de la interfaz de usuario para la prueba de Yerkes para ambientes de realidad aumentada, incluyendo la selección de las modalidades de interacción. También se incluye la propuesta de evaluación de usabilidad. El Capítulo 6, expone los resultados obtenidos hasta el momento, las conclusiones a las que se han llegado y el trabajo a futuro.

1.1. Antecedentes

Se han desarrollado diversos trabajos de investigación para implementar las pruebas neuropsicológicas de Luria en dispositivos móviles. Las investigaciones versan desde el análisis, diseño de interfaces y pruebas de usabilidad dirigidas a los adultos mayores.

-Test de Luria para analizar la memoria de las personas de la tercera edad en dispositivos móviles [17]: Las pruebas de Luria estudian la memoria de las personas. Un ejemplo de sufrimiento de deterioro de la memoria son los adultos mayores. Sin embargo, no es práctico transportar los materiales necesarios para realizar estas pruebas. Además, la demanda de servicios de salud es cada vez mayor y no hay una cantidad suficiente de especialistas, por lo que una solución es la implementación digital de las pruebas de Luria en dispositivos móviles. Para esto, se realizó un análisis de las pruebas de memoria de Luria para su utilización por los adultos mayores. Las pruebas analizadas fueron el aprendizaje de palabras, pictograma, reproducción de historias y la prueba de fijación directa de huellas.

-Prueba de memoria “Aprendizaje de palabras” implementado en tabletas para adultos mayores [20]: El problema de memoria en los adultos mayores es un problema global. Existen pruebas como la de aprendizaje de palabras, en la que se muestran al paciente múltiples palabras o figuras numéricas no unidas, la serie consta de diez o doce palabras o dígitos numéricos. Después se pide al paciente que repita la serie en cualquier orden. Sin embargo, los deterioros físicos y cognitivos de los ancianos dificultan la usabilidad de la interfaz de usuario de las aplicaciones móviles, afectando el rendimiento de la aplicación. Algunos estudios sugieren que las tabletas son dispositivos móviles adecuados para los adultos mayores. En las tabletas pueden ser implementadas diversas modalidades de interacción y aún no está claro cómo responden los ancianos. Por lo que en este trabajo se presenta la virtualización de la prueba de memoria, la cuál tiene implementadas varias combinaciones de modalidades.

-Interfaces de usuario distribuidas para pruebas de Luria enfocadas a adultos mayores [21]: Las pruebas de Luria pueden ser utilizadas por especialistas mentales, estas sirven para analizar el deterioro mental en adultos mayores. Su implementación en dispositivos móviles tendría diversas limitaciones al ser utilizadas en dispositivos móviles, debido a que las personas de la tercera edad pueden tener problemas de visión, oído, cognitivos o de movimiento. Para solucionar esto, se recurre a la opción de utilizar la mejor modalidad de interfaz basada en las capacidades del usuario o de manejar pantallas secundarias. Este trabajo presenta una interfaz gráfica de usuario distribuida para tres pruebas de Luria, con el fin de ser utilizadas por adultos mayores. Este prototipo se implementa en iPad y appleTV.

-Interfaces de usuario distribuidas para las pruebas visuales de Poppelreuters y Raven [11]: Las pruebas de Poppelreuter y Raven son utilizadas por los psicólogos para analizar las habilidades cognitivas, las enfermedades mentales como la agnosia visual e incluso los síndromes de demencia como el Alzheimer. Se sabe que estas pruebas pueden aplicarse utilizando dispositivos móviles. Sin embargo, el deterioro natural de los ancianos, especialmente la debilidad visual, puede ser un problema incluso para dispositivos móviles con pantallas grandes. Por esta razón, se propuso el uso de una interfaz de usuario distribuida, usando una tableta y una smartTV, para apoyar

a los usuarios con problemas visuales para hacer pruebas de Poppelreuter y Raven. Al final se concluyó que la aplicación de pruebas visuales utilizando una interfaz de usuario distribuida es factible. Un dispositivo móvil podría ayudar a los pacientes que no pueden visitar fácilmente las salas de consulta y el especialista podría administrar pruebas de la batería de forma remota.

Estos trabajos presentan un avance importante en el estudio de HCI móvil para apoyar a especialistas en neuropsicología en el desarrollo y aplicación de las pruebas de Luria en dispositivos móviles para adultos mayores. Aunque no se han cubierto todas las pruebas existentes.

1.2. Formulación del problema

Los estudios actuales de la realidad aumentada en tabletas no contemplan los deterioros de los adultos mayores, por lo que se desconoce cuáles son las modalidades de interacción más adecuadas para la manipulación de objetos virtuales por parte de las personas de la tercera edad en este tipo de dispositivos móviles.

Además, el área de la neuropsicología requiere herramientas que faciliten la realización de pruebas de diagnóstico orientadas a detectar problemas psicológicos, al igual que daños cerebrales. La prueba de Yerkes, actualmente se realiza de manera física, aún cuando ya se cuenta con tecnología para digitalizarla.

1.3. Preguntas de investigación

- ¿Qué modalidades de interacción tendrán mayor usabilidad en un entorno de realidad aumentada en tabletas para adultos mayores?
- ¿Qué nivel de aceptación tendrá la realidad aumentada en tabletas por los adultos mayores?
- ¿Qué limitantes de interacción tendrá la prueba de Yerkes digitalizada?

1.4. Propuesta de Solución

Se propone realizar un estudio con adultos mayores que compare diversas modalidades de interacción en un entorno de realidad aumentada para poder implementar la prueba de Yerkes utilizando tabletas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Estudiar la usabilidad de las modalidades de interacción en realidad aumentada en tabletas para adultos mayores.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar las modalidades de interacción viables para la prueba de Yerkes en realidad aumentada.
- Realizar un prototipo de aplicación de la prueba de Yerkes que incorpore las modalidades de interacción en realidad aumentada en tabletas.
- Evaluar la usabilidad de las modalidades de interacción, basado en los resultados de la prueba de campo.

1.6. Justificación

Este estudio brindará líneas de diseño para aplicaciones de realidad aumentada en tabletas, considerando que los usuarios son adultos mayores. Es decir, se facilitará el desarrollo de aplicaciones móviles en este ambiente para las personas mayores de 60 años.

1.7. Estado del arte

1.7.1. Pruebas neuropsicológicas

La necesidad de crear herramientas eficientes y efectivas para la detección de problemas cognitivos es cada vez mayor, por lo cual se han desarrollado diversas aplicaciones para realizar test neuropsicológicos en dispositivos móviles, cómo los siguientes:

-Test del dibujo del reloj [22]: El primer estudio en el que se habló acerca del test del reloj fue en 1983, por Goodglass y Kaplan [23]. Sin embargo, fue en el año 2000 en Canadá cuando esta prueba fue introducida en una aplicación móvil. El test del dibujo del reloj mide algunas habilidades cómo son la comprensión, la planeación, la memoria visual y la reconstrucción de imágenes, habilidad espacial, conocimiento numérico, pensamiento abstracto, concentración y tolerancia a la frustración.

Este test consiste en darle al paciente un dispositivo móvil, en el cual hay cuatro círculos previamente dibujados y se le pide denotar 4 horarios diferentes, que pueden ser 1:00, 3:00, 9:15 y 7:30. Se le da un punto si colocó correctamente los números y un punto por dibujar correctamente la manecilla horario y otro por la manecilla minuterero. Tres puntos por cada reloj, dando un máximo de 12 puntos en todo el test.

-Eurotest [24]: En el 2004 se creó este test en España, ya que otros test similares presentaban la desventaja de no poderse aplicar a todas la mayoría de las personas debido al nivel educativo que tuvieran. Sin embargo, se puede decir casi de manera general, que las personas manipulan dinero, por eso este test tiene la ventaja de poderse aplicar a la mayor parte de las personas.

Este test consiste en tres partes. La primera es indicar la denominación de las monedas y billetes que se le presentan al paciente. La segunda consiste en realizar cálculos con cierta cantidad de monedas, tal como dividir las monedas en 3 pilas que contengan la misma cantidad de dinero cada una. Mientras tanto, como una tarea

de distracción, el paciente debe mencionar animales al mismo tiempo que realiza los cálculos. En la última parte, se le realiza un test, mediante un celular inteligente, en el cual debe recordar las monedas que estuvo manipulando en la actividad, así como la cantidad de dinero.

El eurotest, es capaz de medir la memoria y la capacidad de cálculo de las personas. La afectación de estas capacidades cognitivas son precedentes en el desarrollo de la demencia.

-Fototest [25]: En el 2007, en España se dio a conocer la prueba de fotos, que tiene la ventaja de poderse aplicar a personas analfabetas. Esta prueba evalúa la memoria y la fluidez verbal en asociación, así como la memoria visual.

La prueba es una aplicación que muestra seis fotografías de objetos comunes al paciente, estas fotografías pertenecen a distintas categorías. Luego se le pide que durante 30 segundos mencione nombres de personas del sexo contrario y posteriormente de personas del mismo sexo. Por último, se evalúa el recuerdo de las fotografías mostradas al principio. Si se presentan problemas para recordar, se le ayudará al paciente dándole una clave semántica a la categoría a la que la imagen pertenezca.

1.7.2. Diseño de interfaces en dispositivos móviles para adultos mayores

Para diseñar interfaces para adultos mayores que contemplen sus diversas contrariedades físicas, se crearon líneas de diseño y análisis de pruebas neuropsicológicas, para la creación de aplicaciones orientadas a la salud. Los resultados de estas, las veremos a continuación:

-Evaluación de la interacción táctil para adultos mayores [26]: Los teléfonos inteligentes con interfaces táctiles, son cada vez más utilizados, sin embargo, los diseños presentan poca comprensión de las características de los usuarios finales, para comprobar esto, se realizaron experimentos con 20 personas mayores a 65 años, ellos realizaron diversas tareas como arrastrar, pellizcar, utilizar teclado y visores de fotos. En general, hubo buenos resultados, sin embargo, también se encontraron adversidades de usabilidad, las cuales fueron reportadas en este trabajo.

- Líneas de diseño para la interacción táctil para adultos mayores [27]: Se realizó un análisis que llevó a la creación de líneas y recomendaciones de diseño contemplando una interacción táctil para personas de la tercera edad, con el fin de facilitar el desarrollo de interfaces en dispositivos móviles. Estas recomendaciones se clasificaron en: “Tocar y sentir”, “Interactuar” y “Funcionalidad”. Esta investigación puede servir como base en futuros diseños, cuando estos estén enfocados en interfaces amigables para adultos mayores, basadas en el tacto para dispositivos móviles.

-Diseño para teléfonos móviles enfocado a adultos mayores [28]: Mediante una investigación, se encontraron los beneficios y problemas que tienen los adultos mayores al utilizar teléfonos móviles y se determinó que las aplicaciones preferidas por las personas de la tercera edad, son aquellas que les ayudan a la memoria, como la agenda, el diario y el despertador. También se comprobó que los adultos mayores tienen problemas para aprender a utilizar la navegación en los menús, así como seleccionar la

opción correcta. En base a eso crearon líneas de diseño con las cuales, para ayudar a la creación de aplicaciones que ayuden en las labores diarias de los adultos mayores.

1.7.3. Realidad aumentada para adultos mayores

La realidad aumentada ha comenzado a incursionar en diversas áreas, cómo lo es la medicina, ayudando a la mejora de salud de las personas, cómo lo son los adultos mayores. A continuación se presenta un ejemplo de software en realidad aumentada, enfocado a la población de personas de la tercera edad.

-Realidad Aumentada para la realización de ejercicios de Otago para mejoramiento de equilibrio y marcha, así como de reducción de caídas en 21 adultas mayores [13]: Se realizó un estudio que determina los efectos de la realidad aumentada en la realización de ejercicios que ayudan para el balance y el modo de andar de los adultos mayores. Para trabajar con la realidad aumentada, utilizaron lentes de realidad aumentada y una computadora con cámara. El resultado fue el aumento de velocidad, mejoramiento de la longitud del paso y de la zancada, así como reducción de caídas. Por lo cuál se concluyó que el utilizar realidad aumentada para realizar los ejercicios de Otago, es idóneo en las mujeres de la tercera edad.

1.8. Marco Teórico

Debido a que estamos en un problema multidisciplinario, donde se combina las ciencias los sistemas computacionales móviles aplicadas a un problema de salud, en adultos mayores, en específico al área de neuropsicología, usamos algunos conceptos básicos que son importantes delimitar y contextualizar.

Realidad aumentada

La realidad aumentada es una tecnología que integra imágenes de objetos virtuales en imágenes del mundo real [29]. Los elementos esenciales que lo componen son:

- Etiqueta que identifica los objetos de manera única.
- Elemento captor de imágenes, que puede ser la cámara de un teléfono celular.
- Software que procesa las imágenes tomadas por la cámara y superpone los objetos virtuales [30].

Interacción Humano-Computadora

La interacción humano-computadora se define como el estudio de la relación entre las personas y los sistemas computacionales durante su utilización en la vida cotidiana [7]. Su objetivo es realizar diseños móviles centrados en las personas. Debe considerar factores como el contexto, los requisitos específicos del usuario y la usabilidad. Produce soluciones en cuanto al diseño para generar una aplicación de calidad que pueda tener aceptación entre diversos tipos de usuarios.

La usabilidad, según el lineamiento ISO 9241, es un indicador con el que se determina si un producto se puede usar por ciertos usuarios para conseguir objetivos

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso concreto [31]. Según Nielsen [32], para que un software pueda ser considerado “usable”, debe poder cumplir estos 5 atributos:

- Debe ser fácil de aprender: El usuario debe comprender fácilmente la manera en que se utiliza el software, para realizar la tarea necesaria de manera efectiva.
- Debe ser eficiente: Si se comprende rápidamente cómo realizar cierta tarea, el usuario lo hará de manera rápida y acertada. Esto aumenta la productividad del usuario al utilizar la aplicación.
- Fácil de recordar: El usuario debe poder recordar fácilmente cómo utilizar la aplicación.
- Debe tener la menor cantidad posible de errores: Y aunque los usuarios generen dichos errores, el software debe saber recuperarse de ellos.
- Debe generar cierta satisfacción a los usuarios: Debe ser agradable para ellos utilizar la aplicación, debe gustarles.

Con la finalidad de evaluar si el software es usable y entender cómo los usuarios usan la tecnología en el mundo real, se pueden aplicar cuestionarios y entrevistas. Al diseñar la prueba de usabilidad, se deben tener un conjunto de objetivos establecidos, para poder recopilar la información adecuada. Estas pruebas pueden ser aplicadas en el entorno natural del usuario, o en un laboratorio que tenga condiciones controladas [7].

Modalidades de interacción

Un usuario dispone de varias modalidades de interacción con el teléfono celular, como son:

- El reconocimiento de voz que permite la comunicación entre el dispositivo móvil y el usuario por medio del habla.
- Los sensores que recopilan información que es utilizada por ciertas aplicaciones del sistema, estableciendo así la comunicación.
- De manera táctil, con la que el usuario puede manipular los objetos que se proyectan en la tableta por medio del tacto ejercido con sus dedos sobre el dispositivo.
- De manera háptica que permite al usuario interactuar con un objeto real o simulado de manera táctil, a través de una computadora o dispositivo móvil, pero con una retroalimentación, que en el caso de la tableta, sería la vibración [33].
- Interacciones basadas en visión que es cuando a una computadora se le dota del sentido de la visión a través de una cámara para que adquiera información del usuario y de su entorno. Tal información puede ser utilizada para comunicar al usuario con la computadora [34].

1.9. Metodología de la investigación

Para la resolución del problema de esta investigación, se utilizará el método científico [35], ya que se seguirán una serie de pasos y análisis, de los que se deducirán las conclusiones acerca de cuál es la modalidad de interacción más usable para la realidad aumentada en tabletas para adultos mayores.

- Observación

Para llevar a cabo esta investigación, se examinaron cuáles son las modalidades de interacción que se pueden implementar en las tabletas para la realidad aumentada. Como resultado de este estudio, se reconocieron las modalidades de interacción táctil [36], háptico [33], reconocimiento de voz, teclado [7] y la basada en visión [34]. Con esta investigación, se pudieron seleccionar aquellas modalidades de interacción que se van a implementar en el prototipo. También se investigaron los deterioros físicos y cognitivos de las personas de la tercera edad, los cuáles fueron de visión, auditivos, cognitivos y de movimiento [37].

- Desarrollo

El prototipo que se desarrollará para auxiliar la realización de este estudio, se utilizarán las siguientes herramientas.

- **Android Studio [38]:** Es un entorno de desarrollo integrado que ofrece herramientas para la programación de aplicaciones móviles para el sistema operativo “Android”. Permite la edición y depuración de código, y la implementación en el dispositivo es de manera instantánea.
- **Vuforia [39]:** Es una plataforma para el desarrollo de software en realidad aumentada. Se conforma de librerías que pueden ser implementadas en proyectos que se realicen en el IDE Android Studio. La descarga y uso de estas librerías, es gratuita.
- **Java [40]:** Se utilizará java como lenguaje de programación, que está orientado a objetos y es el lenguaje que es mayormente utilizado para desarrollar aplicaciones en el sistema operativo Android.

- Experimento

El prototipo realizado, se probó con adultos mayores en un centro familiar y de manera independiente. Ellos manipularon la aplicación por medio de las modalidades de interacción designadas para realizar la prueba de Yerkes [9], que fue la elegida para este proyecto. Una vez que lo probaron, respondieron un cuestionario que contenía preguntas para medir su conformidad con ciertos aspectos de la aplicación, como qué modalidad se les facilitó más al utilizarlo y también si tuvieron problemas para el manejo de la realidad aumentada.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

- Análisis

Los resultados obtenidos de los cuestionarios, se examinarán, así cómo la manera en la que los usuarios desempeñaron la tarea designada, los errores que presentaron y el tiempo que tardaron. Con base en estos datos, se compararán los resultados de cada modalidad de interacción para deducir cuál es la más usable por los adultos mayores, en un ambiente de realidad aumentada, en tabletas.

Capítulo 2

Realidad aumentada

La realidad aumentada es una tecnología que combina objetos virtuales con imágenes del mundo real [29]. Es utilizada en diversas áreas, una de ellas es la medicina, debido a las ventajas que esta presenta contra los tratamientos tradicionales, por ejemplo, el poder controlar el comportamiento de los objetos virtuales con la finalidad de generar mayor o menor estimulación en el usuario, ya sea aumentando o anulando las repeticiones de los estímulos. Esto es especialmente útil si los pacientes sufren de ataques de ansiedad durante la aplicación del tratamiento. Además, los objetos virtuales no pueden causar daños físicos en el usuario, por lo que no representan un peligro a su salud física. En los tratamientos tradicionales, el especialista no puede asegurarle al paciente que su integridad física no será violada, ya que los objetos de los ambientes reales no pueden ser controlados por completo. Algunas veces, los escenarios que se requieren simular son de difícil acceso, o inclusive puede llegar a ser costoso, por ello es útil que mediante la realidad aumentada se puedan recrear escenas que difícilmente podrían ser generadas sin ayuda de algún ambiente virtual [41].

2.1. Origen de la RA.

El primer prototipo de un sistema de RA, fue creado por Ivan Sutherland y uno de sus estudiantes de la Universidad de Harvard en 1968. Para saber donde posicionar los elementos virtuales, utilizaba métodos mecánicos [42, 43].

Investigadores de la Fuerza Aérea, de la NASA, del Instituto de Tecnología de Massachusetts y de la Universidad de Carolina del Norte, continuaron investigando durante los años 70 y 80. Sin embargo, fue hasta 1992, cuando se acuñó el término Realidad Aumentada por Tom Caudell y David Mizel, que fueron dos ingenieros de la Corporación Boeing. Ellos propusieron el uso de esta tecnología para auxiliar a los trabajadores con la fabricación de aviones [42, 43].

La realidad aumentada era una tecnología demasiado novedosa y parecía estar fuera del alcance de los productos de uso cotidiano, sin embargo, unos años después, fue desarrollado un sistema para asistir a la navegación de personas con discapacidad visual por medio de retroalimentación auditiva. Poco a poco, los dispositivos informáticos se volvieron potentes y fueron capaces de soportar la RA. En 1997 Feiner, un investigador



Figura 2.1: Sistema de realidad aumentada de Ivan Sutherland.

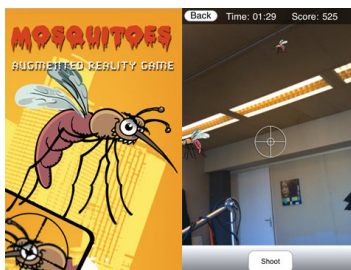


Figura 2.2: Portada y visualización del juego "Mozzies".

de la Universidad de Columbia, creó un sistema de RA móvil capaz de mostrar objetos virtuales en pantallas transparentes [42, 43].

En 1999, es presentado ARToolkit, una librería que ayuda a la creación de software en RA, ya que implementa el reconocimiento de patrones cuadrados. Desde entonces, ha sido bastante utilizado [42, 43].

En el año 2000 se creó el primer juego de RA. Este utilizaba una computadora portátil que el jugador debía llevar en una mochila, así como un casco de visión estereoscópica y un control de mando de dos botones. Y en el 2003 salió el primer juego de RA para teléfonos móviles. Este fue llamado "Mozzies", y consistía en la superposición de mosquitos en imágenes del mundo real que son capturadas con la cámara. A partir de esto, los juegos en dispositivos móviles se volvieron comunes. Un ejemplo, es "Invisible Train", el cual funcionaba únicamente para PDA y era multiusuario. Este juego fue presentado en el 2004 y consistía en manipular trenes virtuales y evitar que colisionaran con los de otros usuarios. Posteriormente, en el 2005, se le realizaron modificaciones a la librería AR Toolkit para que pudiera funcionar en el sistema operativo Symbian y con esto fue posible hacer un juego de tenis para los dispositivos que lo utilizaran. En el año 2009, salió el primer juego para teléfonos inteligentes con cámara. Este era una simulación de una ventana, a través de la cual se visualiza el mundo real en el cual hay zombies a los que el usuario le debe disparar [42].

La RA también se utiliza en la educación, para auxiliar el aprendizaje de las materias

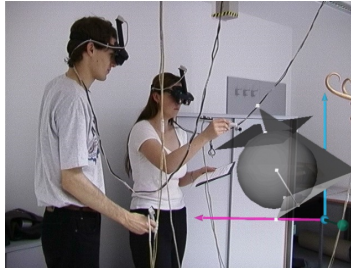


Figura 2.3: Ejemplo de uso del software Construct3D.

escolares, como la astronomía, en la cual se realizan simulaciones del sol y los planetas con objetos virtuales. En el caso de las matemáticas y la geometría, los estudiantes pueden interactuar entre ellos al formar figuras con objetos virtuales, esto se realiza con un software llamado Construct3D, que fue lanzado en el año 2010. La física es otra materia en la que se utiliza la RA, para ayudar a comprender como los objetos cambian con el tiempo, como la velocidad y la aceleración [44].

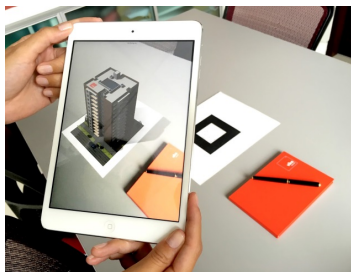


Figura 2.4: Ejemplo de registro con realidad aumentada.

2.2. Realidad aumentada en dispositivos móviles.

La realidad aumentada necesita de ciertos elementos: Etiquetas, estas son marcas que se colocan en el mundo real, en el lugar donde se desean ubicar los elementos virtuales. Cámara, que se utiliza para visualizar el mundo real y mediante esto, captar las etiquetas. Software, que será el que procesa las imágenes captadas por la cámara para detectar algún patrón y colocar los objetos virtuales en la pantalla [42].

El mayor reto de la realidad aumentada, es colocar los objetos virtuales de tal manera que estos simulen ser parte del mundo real, por lo que es necesario utilizar el registro, el cual consiste en calcular la posición relativa de la cámara respecto de la escena para poder generar imágenes virtuales correctamente alineadas con esa imagen real. Para hacer esto, se requiere de 4 coordenadas que se obtienen de las etiquetas, por ello estas deben ser preferentemente cuadradas y con colores de alto contraste como blanco y negro, para poder ser reconocidas fácilmente. Una vez que estas han sido captadas por la cámara, el software debe realizar el cálculo de las coordenadas, considerando la perspectiva del usuario. Una vez que se cuenta con esto, el objeto virtual puede ser proyectado sobre la escena real [42].

2.3. Dispositivos de despliegue.

Para presentar los objetos virtuales y poder manipularlos, se utilizan diversos dispositivos, como los cascos de realidad aumentada, los CAVE, las computadoras, las proyecciones volumetricas, los kinect y los dispositivos móviles como las tabletas. Cada uno de estos tienen ventajas y desventajas, las cuales se presentarán a continuación.

Casco de realidad aumentada [13]: Estos dispositivos se utilizan en la cabeza y cuentan con cámaras y pequeñas pantallas en las que se despliegan las imágenes computarizadas. Estos permiten que los usuarios estén inmersos en la escena creada a la vez que pueden visualizar el mundo real y además, su tamaño es pequeño. Sin embargo, estos pueden llegar a ser demasiado pesados y es difícil ajustarlos según la separación ocular de cada persona. Estos dispositivos están asociados a efectos adversos como fatiga visual y náuseas.



Figura 2.5: Ejemplo de casco de realidad aumentada.

CAVE [14]: Esta es una unidad de proyección que rodea al espectador físicamente. Esta cuenta con cámaras y bocinas, para ayudar a crear un ambiente inmersivo. Puede ser utilizada por muy pocos participantes a la vez, o preferentemente sólo uno. Las imágenes que se visualizan se pueden llegar a traslapar o a distorsionar en pantallas curvas.

Computadoras [16]: El uso de estos dispositivos para la realidad aumentada tiene bastantes ventajas, como que son de un tamaño pequeño comparados con los CAVE, es más fácil configurar las cámaras y los micrófonos, así como los dispositivos de entrada de datos (ratón y teclado). Sin embargo, la salida de datos está limitada a un usuario a la vez, y el volumen es muy limitado.

Proyecciones volumétricas [8]: Estos son proyectores que presentan imágenes virtuales con profundidad visual. Son especialmente útiles cuando se busca que la escena pueda ser visualizada por una multitud de espectadores sin necesidad de utilizar lentes. La desventaja de este tipo de proyecciones, es la baja resolución de las imágenes virtuales, que no se puede proyectar una sombra diferente para cada espectador y los errores que representaría si un objeto se interpusiera en la proyección.

Kinect [15]: Este aparato detecta la posición y movimiento de los usuarios, y permite proyectar en una pantalla imágenes virtuales combinadas con la silueta del usuario. Este dispositivo tiene errores para detectar con precisión al usuario, especialmente si este utiliza ropa del mismo color que otros objetos cercanos.

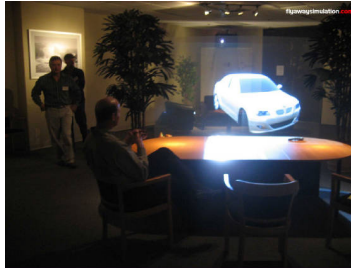


Figura 2.6: Ejemplo de proyección volumétrica.

Tabletas [17, 18, 19]: Considerando las desventajas y limitaciones de otros dispositivos de despliegue de la RA, la visualización y el manejo de este ambiente virtual puede ser adecuada, ya que las tabletas son “mínimamente intrusivas, socialmente aceptables, fácilmente disponibles y altamente móviles”.



Figura 2.7: Ejemplo de realidad aumentada en tabletas.

2.4. Modalidades de interacción para la realidad aumentada.

Los sistemas de realidad aumentada que están orientados a resolver una problemática de salud, pueden requerir una acción por parte del usuario para desencadenar una reacción en el software, a esto se le llama interacción y hay distintas maneras de llevarse a cabo dependiendo del dispositivo en el que se esté trabajando. Un ejemplo es la interacción por voz, la cual permite la comunicación entre el dispositivo y el usuario por medio del habla. Esta modalidad es utilizada por los dispositivos Kinect, ya que mediante un micrófono son capaces de recibir comandos de voz. Kinect también utiliza un sensor de profundidad por medio del proyecto de infrarrojos, esto sirve para detectar el movimiento del usuario. Sin embargo, la modalidad de interacción más utilizada en los dispositivos de despliegue de la realidad aumentada, es la basada en visión. Esta modalidad consiste en dotar del sentido de la visión a un dispositivo por medio de una cámara, para que de esta manera logre capturar los movimientos realizados por el usuario. Los cascos de realidad aumentada tienen integrada una cámara para obtener las imágenes, y además de brindarle al usuario estímulos visuales, también es capaz de dar señales auditivas. Los CAVE cuentan con todo un sistema de seguimiento con varias cámaras. La experiencia es totalmente inmersiva, pues también cuenta con estímulos

CAPÍTULO 2. REALIDAD AUMENTADA

auditivos. Las computadoras son capaces de generar objetos virtuales, basados en imágenes obtenidas a través de cámaras conectadas a esta. El rastreo del usuario se realiza siguiendo un objetivo en específico, por medio de cámaras que se encuentran fijas. En las tabletas se pueden implementar varias modalidades de interacción para la realidad aumentada. Por ejemplo, la modalidad táctil y el háptico, con los cuales el sistema reacciona cuando el usuario toca la pantalla. La única diferencia entre estas modalidades es que con la háptica se le brinda una retroalimentación mediante la vibración. También se pueden implementar las interacciones de voz, teclado y basada en visión.

Capítulo 3

Deterioros de los adultos mayores en México.

La proporción de adultos mayores con respecto del total de la población mexicana, va en aumento cada año. Una gran parte de este sector de la población, puede llegar a ser afectado con deterioros físicos y mentales que se generan debido a la edad. Dentro de los problemas que más aquejan a las personas mayores de 60 años, se encuentra la demencia. Esta puede llegar a ser difícil de diagnosticar, debido a que los síntomas son interpretados únicamente como parte del envejecimiento [45]. Para ayudar a diagnosticar y tratar algunos de los deterioros de los adultos mayores, se busca realizar software que ayude a los especialistas del área de la medicina. Sin embargo, es necesario que este sea adecuado a los problemas físicos y cognitivos de los adultos mayores [37], por lo que en este capítulo, se encuentran algunas recomendaciones para crear interfaces de usuario que cumplan con estas características.

3.1. Población de adultos mayores en México.

En el año 2014, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) realizó un reporte de estadísticas respecto a las personas de la tercera edad. En este se señala que la población de adultos mayores se comenzaba a incrementar, ya que desde 1990 hasta el año en que se realizó el reporte, el porcentaje de personas de la tercera edad respecto a la población de la República Mexicana, había pasado del 5 al 11.7%, por lo que se espera que en el año 2050, este sector de la población pueda llegar a alcanzar el 21.5% del total de la población de la República Mexicana, lo que representa un aproximado de 32.4 millones de personas de la tercera edad. También se menciona que las personas mayores a 60 años de edad, pueden llegar a sufrir de problemas de salud físicos y mentales debido al avance de la edad, y gracias al derecho a la salud que se encuentra señalado en los principales estándares internacionales de derechos humanos, el Estado está comprometido a brindar servicios de salud, con la finalidad de ayudar a mejorar su calidad de vida [45].

El INEGI hace énfasis en los diversos problemas de salud que pueden llegar a tener los adultos mayores. Estos les pueden generar dificultades para realizar sus activida-

CAPÍTULO 3. DETERIOROS DE LOS ADULTOS MAYORES EN MÉXICO.

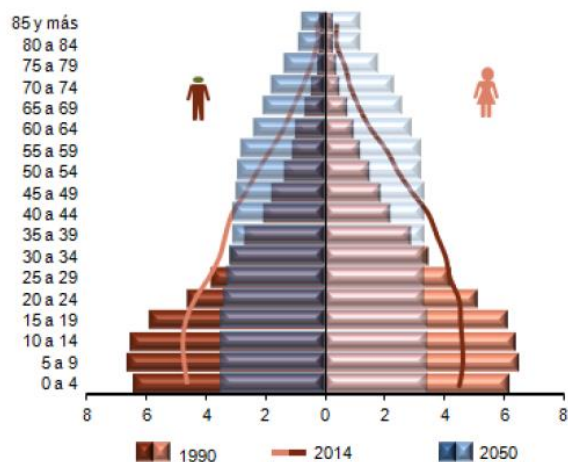


Figura 3.1: Estructura de la población total 1990, 2014 y 2050.

des diarias, así como discriminación en cualquier ámbito. Además, el padecimiento de deterioros de salud, puede conllevar problemas en cuánto a la economía, debido a que se tienen que realizar gastos para cuidar de su salud, lo que puede llegar a afectar en cuánto a sus gastos de alimento, transporte y esparcimiento, entre otros. Las personas mayores que tienen una discapacidad física o mental, no contaban con suficientes fuentes de recursos monetarios, debido a que las plazas laborales disponibles no eran adecuadas para ellos y sólo una cuarta parte de la población de adultos mayores eran beneficiarios de pensiones, las cuales no alcanzaban a cubrir todos sus gastos, especialmente si una parte de estos estaba destinado a gastos médicos [45].

3.2. Deterioros de los adultos mayores.

Con el paso de tiempo, la salud física y mental de los seres humanos puede verse afectada, dando como resultado diversos deterioros, los cuáles dificultan la realización de actividades cotidianas [37, 45]. Estos problemas se dividen en cuatro categorías, que son cognitivos, auditivos, visuales y de movimiento. A continuación, serán explicados cada uno.

Movimiento: En el año 2014, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, reportó que la dificultad de movimiento es el principal problema que aqueja a los adultos mayores, ya que el 71.9% de las personas que pertenecen a este sector presentaron este problema [45]. Este tipo de deterioro se debe a que con los años, las personas pueden perder el control de sus capacidades motoras, lo cual deriva en otros problemas más pequeños, cómo son la pérdida de precisión y el incremento del tiempo de respuesta. Estos problemas se acrecientan cuándo la causa de estos es una enfermedad, cómo el Parkinson y la artritis [37].

Visuales: El INEGI también menciona que la segunda discapacidad que más sufren los adultos mayores es la visual, con un porcentaje de 32.1% de personas mayores de 60 años, que se vieron afectadas [45]. Esto es debido a que con la edad, el cuerpo pierde

movilidad y flexibilidad en algunas partes del ojo, y con ello, se pierde la capacidad realizar búsquedas visuales, así como la agudeza visual y la sensibilidad al contraste [37].

Auditivos: Dentro de nuestros oídos, existen pequeñas fibras llamadas “cilios”, estos vibran con las ondas que produce el sonido, y de esta manera mandan señales que el cerebro reconoce y así se perciben tonos en específico. Sin embargo, con el paso del tiempo, los cilios pueden ablandarse por lo que envían señales más tenues, lo que genera los problemas auditivos, cómo la dificultad para percibir ciertos tonos, la localización de sonidos, la capacidad de comprender sonidos que han sido comprimidos mediante sistemas computacionales, la eliminación de sonidos de fondo, y la limitación para detectar sonidos [37]. En el 2014, el 21.8 % de las personas de la tercera edad lo padecían, aún utilizando aparatos auditivos [45].

Cognitivos: La manera en que procesamos la información cambia con la edad, trayendo con esto, dificultades para la comprensión, memoria y toma de decisiones, por lo que se pierden habilidades cómo la velocidad perceptual, la capacidad de memoria de trabajo, enfocar la atención en algo específico, razonamiento y pensamiento espacial [37]. El 6.5 % de la población de adultos mayores padecía de enfermedades relacionadas con lo mental en el año 2014, esto no es poco considerando que se contabilizaron 11.7 millones de personas mayores de 60 años en el país [45].

3.3. Problemas cognitivos más frecuentes de los adultos mayores.

En el año 2014, del total de los egresos hospitalarios por trastornos mentales en los adultos mayores, el 13.5 % fue debido a padecimientos de demencia [45]. Algunos signos que pueden denotar demencia es la dificultad para realizar tareas cómo navegación por mapas, desplazamiento, y/ó posicionamiento; problemas para ubicarse en el entorno respecto a diferentes objetos; y falta de capacidad para resolver problemas de rotación de imágenes en su mente [9].

Además, de los egresos hospitalarios, el 13.2 % fue debido a trastornos mentales relacionados con el uso indebido de alcohol o sustancias psicoactivas, y el 12.3 % fue por trastornos depresivos. La Organización Mundial de la Salud, afirmó que la depresión es la enfermedad mental que más afecta a las personas de la tercera edad. Esta enfermedad, puede llegar a imposibilitar a las personas para realizar sus actividades diarias, ya que las personas presentan síntomas de tristeza patológica, irritabilidad y decaimiento [45].

Algunos padecimientos cognitivos de las personas de la tercera edad son difícilmente diagnosticados, ya que los adultos mayores no pueden explicar los problemas que tienen para comprender las tareas que deben realizar, o los síntomas son interpretados como parte del envejecimiento, y por ello, sólo el 15 % de las personas reciben tratamientos adecuados a sus enfermedades [45].

3.4. Servicios geriátricos en México.

En México se cuenta con el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el cuál brinda atención médica a sus beneficiarios, los cuales, en el año 2017, sumaban 12,417,631 personas. De toda su población adscrita, los adultos mayores son los que hacen mayor uso de los servicios de este instituto. En el año 2012 el 11.6% de los beneficiarios eran personas de la tercera edad y además, el IMSS realizó un reporte en el que refleja que la tasa de crecimiento de los adultos mayores fue de 45.9% en un lapso de 8 años, con lo cual, también se incrementó la demanda de servicios por parte de personas mayores a 60 años. El IMSS prevé que la población de adultos mayores seguirá aumentando, y los recursos con los que se cuentan actualmente no serán suficientes para cubrir la demanda estimada [46]. Los servicios enfocados directamente a las personas de la tercera edad incluyen “nutrición” y “fisioterapia”, sin embargo, tienen acceso a todas las especialidades del IMSS, como Cardiología, Endocrinología, Inmuno-Reumatología, Neurología y Oncología [47].

Otra opción es el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán” (INCMNSZ), el cual cuenta con un área enfocada a la geriatría, en la que existen diversas especialidades como: Gericultura, neuropsicología, nutrición y odontología. La finalidad de esta área es brindar atención integral al adulto mayor para aprovechar y prolongar sus facultades físicas y mentales, restaurando su salud y previniendo la invalidez, para maximizar su nivel de independencia y autosuficiencia [48].

3.5. Pruebas de Luria.

Con la finalidad de evaluar la capacidad constructiva y operaciones del pensamiento espacial, se crearon pruebas que ayudan a diagnosticar deficiencias visuales y espaciales en los pacientes. A continuación se describen algunas de estas pruebas.

3.5.1. Prueba de Kohs.

El paciente debe componer una figura que es ópticamente homogénea, sin embargo, tiene algunas divisiones en diagonal que separan partes blancas y partes sombreadas. Los cuadros con los que han que formar la figura son de distintos modelos, ya sean totalmente blancos o sombreados, o con una diagonal que divide una mitad blanca y otra sombreada. Para formar la figura, el paciente debe separarla ópticamente en los elementos que la componen. Si la figura compuesta por el paciente presenta alteraciones comparada con el modelo original, es posible que se trate de un paciente con defectos visuales espaciales.

3.5.2. Prueba de Rupp.

Para la realización de esta prueba se le da al paciente un dibujo que representa celdas de panal. Posteriormente, el paciente debe realizar la continuación del dibujo, para lo cual tiene que hacer correlaciones espaciales para que el resultado sea lo más parecido

al original. Realizar esta tarea es especialmente difícil para pacientes con deficiencias en el pensamiento espacial.

3.5.3. Prueba de las manos.

Al examinado se le muestran diversas imágenes, todas ellas muestran la representación de una mano haciendo alguna señal. Posteriormente se le pide al paciente que determine si se trata de la mano izquierda o la derecha.

3.5.4. Prueba de Yerkes.

La prueba de Yerkes, fue creada por Robert Mearns Yerkes. Él fue un psico-biólogo que trabajó para el Ejército de los Estados Unidos Americanos y también fue presidente de la Asociación de Psicología Norteamericana. Fundó los laboratorios Yale de Biología de los primates. Escribió varios libros, entre los cuales se encuentran “La mente de un gorila” y “La vida mental de monos y simios” [49].

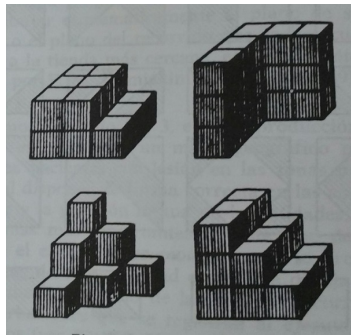


Figura 3.2: Ejemplos de figuras que se deben formar en la prueba de Yerkes.

La realización de la prueba de Yerkes consiste en mostrarle al paciente una imagen de una figura compuesta por pequeños cubos. Después, se le dan cubos al paciente, para que forme la figura que visualizó. La dificultad de esta prueba, es que los pacientes no siempre pueden identificar cómo y por cuántos cubos está compuesta la figura. Mediante esta prueba, se puede evaluar la capacidad constructiva, la habilidad matemática y el pensamiento espacial [9].

Actualmente, se cuenta con las herramientas para digitalizar la prueba de Yerkes, en un ambiente de realidad aumentada y en tabletas. Para hacer esto, se necesitan definir las modalidades de interacción que sean adecuadas para mover objetos virtuales, así como el diseño de la interfaz de usuario que tendrá la aplicación móvil.

3.6. Diseño para aplicaciones móviles orientado a adultos mayores.

Con la finalidad de diagnosticar y tratar los deterioros de los adultos mayores, se busca la creación de software que auxilie al área de la medicina. Sin embargo, las interfaces

de este, no siempre son adecuadas para el uso por personas de la tercera edad. Por ello, se ha realizado una investigación para determinar las características que deben tener las interfaces del software enfocado a los adultos mayores.

Para usuarios con deterioro visual se recomienda: No hacer grandes variaciones de luz en la pantalla; Utilizar colores muy contrastantes en las figuras virtuales; Usar figuras representativas que el usuario sea capaz de distinguir y diferenciar; Los objetos virtuales deben ser grandes; Contemplar las leyes de Gestalt para la percepción y visualización de los objetos [37]; Destacar los objetos principales para que sean fácilmente localizables por el usuario [37, 50].

Para adultos mayores con problemas cognitivos: Reducir la utilización de la memoria de trabajo [37, 50]; Mostrar claramente las tareas u objetos que estén activos y no permitir que la pantalla se apague o que el dispositivo se bloquee, ya que esto causa confusión [50, 51]; Segmentar las tareas para que los usuarios no tengan que dividir su atención, sino que se dediquen específicamente a una [37, 52]; Los objetos deben estar donde sean fácilmente localizables y sólo aquellos que sean estrictamente necesarios para la tarea a realizar [37, 50]; Los procesos a realizar deben ser lineales, no deben causar confusión ni incertidumbre las tareas a realizar; Al diseñar, se debe considerar el conocimiento y la experiencia del usuario [37].

Para personas de la tercera edad con dificultad de movimiento: Utilizar la ley de Fitt para calcular la dificultad y el tiempo de respuesta de los adultos mayores; Usar palabras en lugar de iconos [37]; Evitar que la pantalla se bloquee rápidamente [28]; Para mejorar su audición, algunos adultos mayores utilizan audífonos moldeados a sus oídos con los cuales pueden controlar el volumen de lo que escuchan. Se recomienda crear una interfaz multiusuario, para que el volumen se ajuste según la necesidad de cada paciente, así como brindar información extra por escrito [37]. La enfermedad del Parkinson en estado avanzado es una limitante. Además, para proteger el dispositivo de caídas, se recomienda que este sea cubierto con un recubrimiento de goma, por seguridad [53].

Capítulo 4

Modalidades de interacción para adultos mayores.

Los documentos actuales que hacen referencia al desarrollo de aplicaciones para adultos mayores en dispositivos móviles, contemplan la interacción táctil, por voz y la interfaz háptica [26, 27, 50], pero las aplicaciones desarrolladas hasta el momento no consideran el uso y manipulación de objetos virtuales, así como la interacción basada en visión.

La tabla 4.1 muestra el análisis de las distintas modalidades de interacción para la manipulación directa de objetos virtuales en tabletas para adultos mayores. Las modalidades de interacción contempladas son aquellas que se pueden implementar en una tableta.

4.1. Visión

Para deterioros visuales, la interacción por voz resulta viable, ya que funciona desde pequeños problemas de visión, hasta la ceguera total. Además, una confirmación auditiva le permite saber al usuario que está presionando los objetivos pequeños [27, 51, 54]. Para la interacción táctil se desarrolló una técnica llamada “eyes-free”, la que interpreta los gestos táctiles de manera predefinida y mediante el audio se le informa al usuario el estado de la acción que está realizando [51]. Para la entrada de texto por teclado, se recomienda que las teclas sean grandes [26]. La modalidad háptica proporciona retroalimentación al usuario e indicándole el estado en el que está la acción que realiza [7].

CAPÍTULO 4. MODALIDADES DE INTERACCIÓN PARA ADULTOS MAYORES.

Tabla 4.1: Comparación entre las modalidades de interacción y los deterioros de los adultos mayores.

Deterioros de los adultos mayores / Modalidades de interacción	Visión	Audición	Cognición	Movimiento
Voz. (Entrada / Salida)	Confirmación auditiva.	Utilizar voz femenina; recomendable utilizar 85dB o más; utilizar lenguaje familiar; menú de 4 opciones o menos.	Pérdida de capacidad de emitir y comprender el lenguaje; menú de 4 opciones o menos.	Algunas personas con Parkinson, no comprenden el lenguaje.
Táctil.	Técnica llamada "eyes-free".			Baja capacidad de precisión; interacción directa; objetivos grandes; barras de scroll de movimiento lento; objetivos en pantalla.
Basado en visión.			Problemas de navegación; comportamiento de objeto real.	Difícil diferenciar los movimientos voluntarios de involuntarios; no poner demasiados objetivos en pantalla.
Teclado.	Deterioro incrementa tiempo de tecleo; teclas fácilmente visibles.			Poca precisión del usuario.
Háptico.	Proveer retroalimentación al usuario.			Retroalimentación de la acción que están realizando; no poner demasiados objetivos en pantalla.

4.2. Oído

En cuanto a deterioros auditivos, la interacción por voz debe considerar las siguientes recomendaciones: Utilización de voz femenina [37]; medir el ruido ambiental del contexto en el cuál el usuario desempeñará la tarea, ya que el sonido que la aplicación vaya a emitir debe ser mucho mayor que el ruido ambiental [37]; utilizar 85dB para que los usuarios puedan percibir el sonido sin aumentar el deterioro, sin embargo, dependiendo el daño pueden llegar a requerir más de 90dB [37]; el usuario debe estar familiarizado con el lenguaje, también debe ser conciso, breve y pronunciado con el estrés necesario [37, 50]; para instructivos que sean emitidos por voz, es necesario considerar el dar 4 opciones o menos y la estructura de profundidad del instructivo debe ser máximo de 2 niveles de profundidad [37]; las alertas de sonido deben ser cortas y pausadas [37].

4.3. Cognición

En personas con problemas cognitivos agudos, la interacción por voz no es recomendable [37]. No se recomienda la interacción basada en visión para personas con problemas de habilidad espacial. En caso de utilizarlo, los objetos virtuales deben tener el comportamiento de un objeto real [37].

4.4. Movimiento

Para las personas con pérdida de capacidad de precisión es difícil calcular el movimiento que produce un dispositivo, por lo que la interacción táctil es recomendable. Hay tareas que no dan el resultado deseado a las personas con dificultad de movimientos, como el "doble click". Para la interacción táctil, háptica y basada en visión, se recomienda no poner demasiados objetivos en la pantalla; colocar objetivos grandes; no utilizar barras de scroll [37]; y evitar el arrastre de objetos [27, 37]. La interacción por medio del teclado se debe evitar [26]. Las interfaces hápticas son recomendadas a los adultos mayores para darles retroalimentación acerca de la acción que están realizando [37]. La enfermedad del Parkinson puede dificultar la comprensión y expresión del lenguaje [55], por lo que la interacción por voz no es recomendable.

CAPÍTULO 4. MODALIDADES DE INTERACCIÓN PARA ADULTOS
MAYORES.

Capítulo 5

Diseño de la interfaz de usuario para la prueba de Yerkes.

La prueba de Yerkes es utilizada para diagnosticar deficiencia en el pensamiento espacial de las personas. Esta enfermedad puede ser un signo que indique que un adulto mayor padece demencia [9]. Con la finalidad de volver a esta prueba práctica y fácilmente móvil, se a propuesto digitalizarla. Por esta razón, se ha realizado un diseño de esta prueba en un ambiente de realidad aumentada en tabletas.

5.1. Selección de las modalidades de interacción.

Las modalidades de interacción pueden afectar la manera en la que se realizan las tareas en una aplicación móvil [8]. Para este proyecto, es importante seleccionar la modalidad de interacción con la que se puedan manipular objetos virtuales y que sea usable por las personas de la tercera edad. El análisis de las modalidades de interacción [56], arrojó los siguientes resultados:

Teclado: Es una modalidad de interacción indirecta que puede generar conflictos cognitivos. En la mayoría de los deterioros su uso es inviable, por lo que su uso no es recomendable.

Interacción basado en visión: Puede presentar algunos inconvenientes con las personas que padecen problemas de movimiento y cognitivos. Sin embargo, esta modalidad de interacción no ha sido probada lo suficiente para recomendarla o descartarla.

Voz: Es recomendable con los problemas de visión y movimiento. Es importante cuidar que se cumplan todos los criterios necesarios para que esta modalidad de interacción pueda ser usable por las personas con deterioros auditivos y cognitivos.

Háptico y táctil: Son adecuados para las personas que tienen deterioros auditivos y cognitivos. Si tiene un buen diseño, estas modalidades pueden ser usables por las personas que tengan problemas de visión. Sin embargo, estas no son recomendables con el deterioro de movimiento.

Debido a esto, se decidió que el estudio se realizará con 3 modalidades distintas, que son la táctil, voz y basada en visión.

5.2. Interfaz de la aplicación móvil para la prueba de Yerkes para adultos mayores.

En esta sección, se presenta el diseño de la interfaz de usuario para la Prueba de Yerkes, en el ambiente de Realidad Aumentada en tabletas orientado a adultos mayores. La aplicación móvil se dividirá en tres secciones: Registro de usuarios, selección de modalidad y prueba de Yerkes.

En el diseño de todas las actividades, la fuente es Arial de 24 pixeles en adelante y el color de las letras contrasta con el del fondo, ya que en su mayoría, el color de la letra es negro y el del fondo es blanco. Los objetivos de la pantalla son grandes, para poder ser vistos y pulsados fácilmente. Las instrucciones son claras, precisas y se utilizan palabras de uso común.

5.2.1. Registro de usuarios.

La aplicación móvil estará instalada en diversos dispositivos móviles, por lo que es importante llevar un registro de los pacientes que realizan las pruebas, para poder diferenciar los resultados de cada uno y así consultarlos cada vez que se necesite.

El registro se realiza con datos que el paciente ya conoce de memoria, ya que no todos los usuarios serían capaces de memorizar datos nuevos, como contraseñas, NIPs y nombres de usuario, entre otros. Las tareas necesarias para llevar a cabo el registro, se segmentan para que el usuario se concentre en una a la vez. En la figura 5.1, se observa la actividad en la que el usuario ingresa su nombre completo y en la figura 5.2, es la actividad en la que el paciente selecciona su fecha de nacimiento.



Figura 5.1: Registro del nombre del paciente.



Figura 5.2: Registro de fecha de nacimiento de los pacientes.

5.2.2. Selección de modalidad.

Al realizar esta prueba, el usuario deberá estar acompañado todo el tiempo por el especialista, y será este quien le ayudará al paciente a seleccionar la modalidad de interacción que desea evaluar. Se tendrán tres opciones, que son táctil, voz y basada en visión. En la figura 5.3, se muestra la actividad para seleccionar la modalidad de interacción, en esta se puede notar que cada una de las opciones de modalidad es presentada con un texto y una imagen. Al tocar cualquiera de estas dos vistas, estas se cambian a color rojo y la modalidad es seleccionada.

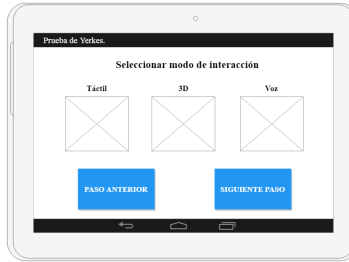


Figura 5.3: Actividad para la selección de la modalidad de interacción.

5.2.3. Prueba de Yerkes.

Esta sección se presenta el diseño de la actividad de la prueba de Yerkes para realidad aumentada en tabletas.

En la figura 5.4, se puede observar que la actividad de la prueba de Yerkes cuenta con varios elementos. El primero es un botón de "Salir", al presionarlo todos los datos del usuario se mandan a la base de datos, incluyendo el tiempo que le tomó al paciente realizar la prueba y la figura que haya realizado. Después, está el ícono para acceder a la imagen que muestra la figura que el paciente debe formar. Al presionarlo, esta se maximizará y mostrará una leyenda para cerrarla y volver a la actividad de la prueba de Yerkes, sin presionar ningún otro botón. Debajo de este, se encuentra el apartado en el cual se generarán los cubos que el usuario necesite para formar la figura. A la derecha de estas opciones, en la parte superior, se encuentran las instrucciones por escrito, para que el usuario pueda leerlas cuando lo necesite. Y por último, en la parte inferior, se encuentra el área de modelado, dónde el paciente formará la figura.

5.3. Realización de tareas

Para formar la figura requerida, se requiere que el paciente realice cuatro tareas distintas, que son: Crear el cubo, seleccionar, mover y borrar un cubo. A través de la creación de cubos, el usuario obtendrá todos los objetos necesarios para formar la figura. La selección de cubo es necesaria para que el usuario elija el cubo sobre el que desea ejercer las acciones de movimiento y borrado. Una vez que el usuario cuenta con al menos un cubo, este estará seleccionado y podrá moverlo hacia la dirección que necesite e ir

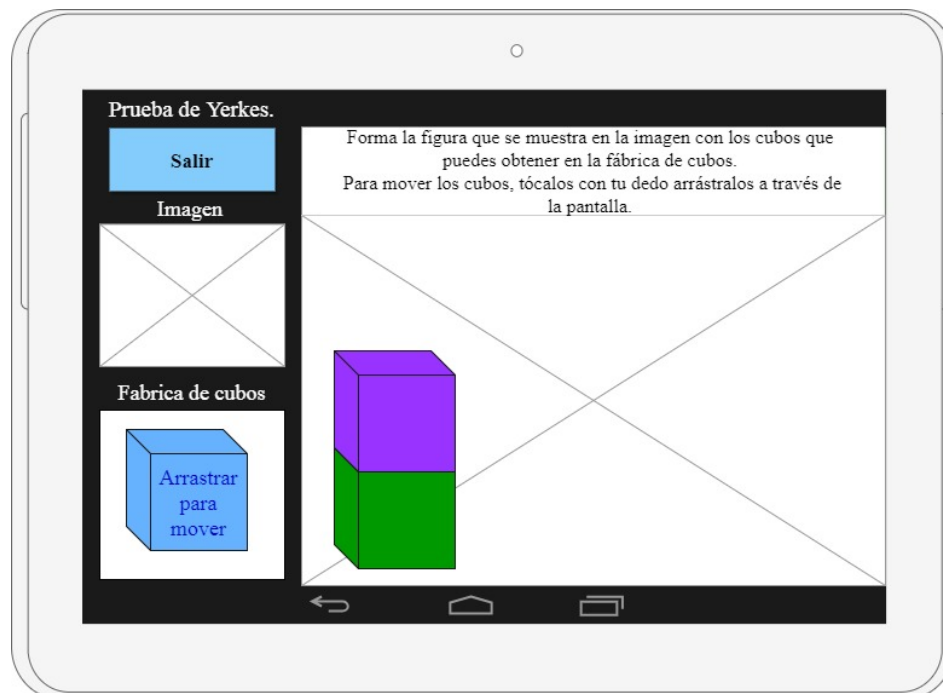


Figura 5.4: Actividad del diseño de la prueba de Yerkes.

posicionando los cubos uno a uno, hasta formar la forma requerida. El usuario también podrá eliminar el cubo que esté seleccionado, en caso de que él lo considere necesario. La realización de estas tareas es distinta para cada modalidad, por lo que la manera de llevarlas a cabo, se mencionará en esta sección.

5.3.1. Modalidad Táctil

Las tareas de la modalidad táctil se ejecutan al tocar la pantalla de la tableta, donde se encontrarán los botones de manera fija.

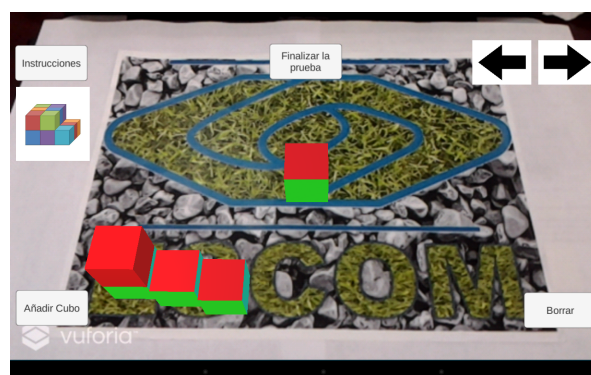


Figura 5.5: Captura de la modalidad táctil.

Creación del cubo: En la modalidad táctil, la creación de cubos es por medio de un botón que el usuario presiona en pantalla. El botón tiene la leyenda “Añadir

cubo”. Esto puede observarse en la figura 5.5. Al presionarlo, aparecerá un cubo en las coordenadas (0,0) del marcador, este cubo estará seleccionado automáticamente.

Selección del cubo: Al crear un cubo, este estará seleccionado automáticamente, sin embargo, el usuario puede cambiar la selección al presionar los botones con flechas que se encuentran en la esquina superior derecha (fig.: 5.5). Al crearse los cubos, internamente se les asigna un número que va incrementando automáticamente, por lo que cuando el paciente presiona las flechas, va recorriendo los cubos según la numeración, en la que puede avanzar hacia adelante y hacia atrás. Si el paciente llega al final de la numeración hacia la izquierda, el botón que recorre los cubos hacia la izquierda, se deshabilitará, y cuando el paciente llegue al final de la numeración hacia la derecha, se deshabilitará el botón que avanza hacia la derecha.

Mover un cubo: Las acciones de movimiento se aplicarán únicamente al cubo seleccionado. Para mover el cubo, el usuario deberá trazar el recorrido del este con su dedo sobre la pantalla de la tableta. Al despegar el dedo de la pantalla, el cubo detendrá su movimiento y se quedará estatico hasta que el usuario vuelva a moverlo.

Borrar el cubo: Para borrar un cubo, primeramente se sugiere estar seguro de que el cubo que está seleccionado es el que se desea borrar, debido a que la acción de borrado se aplicará únicamente al cubo seleccionado. Una vez que el cubo está seleccionado, el usuario deberá presionar el botón “Borrar” e inmediatamente se eliminará el cubo. Automáticamente se seleccionará el último antecesor del cubo que fue borrado.

5.3.2. Modalidad Basada en Visión

La modalidad basada en visión cuenta con botones virtuales, los cuales se colocan sobre el marcador y pueden ser visualizados únicamente a través de la cámara de la tableta (fig. 5.6). Para presionarlos, el usuario deberá cubrir con sus dedos, la parte del marcador en la que están colocados los botones.

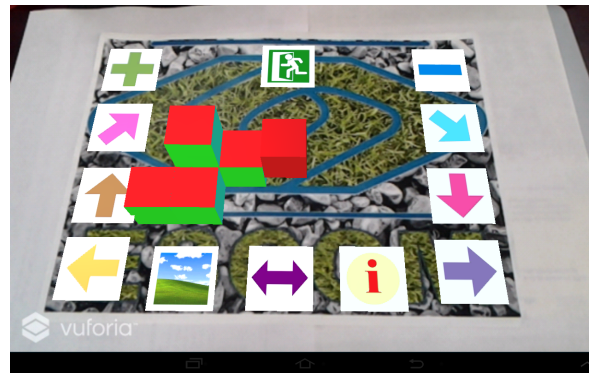


Figura 5.6: Captura de la modalidad basada en visión.

Creación del cubo: Para crear un cubo en la modalidad basada en visión, el usuario cuenta con un botón virtual que tiene el símbolo “+”, el cuál se encuentra en la parte superior izquierda del marcador, como se muestra en la figura 5.6. Al presionarlo, el cubo se generará en la posición (0,0) del marcador y automáticamente estará seleccionado.

CAPÍTULO 5. DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO PARA LA PRUEBA DE YERKES.

Selección del cubo: Al igual que en la modalidad táctil, cada cubo cuenta con un identificador numérico que va incrementando automáticamente. Al crearse un cubo, pasa automáticamente a ser el seleccionado, para cambiar la selección de cubo, el usuario deberá presionar el botón que se encuentra en la parte inferior del marcador, este botón tiene el símbolo “<->” de color morado (fig.: 5.6). Al presionarlo, el recorrido entre los cubos se realizará siempre hacia la izquierda según su numeración. Si se llega al final de la numeración, volverá a comenzar con el cubo más recientemente añadido.

Mover un cubo: En el marcador se muestran 6 botones que sirven para mover el cubo en distintas direcciones: Arriba, atrás, izquierda, derecha, adelante y abajo. Cada una de las direcciones tiene un botón con un símbolo y un color distinto. Cuando el usuario presiona cualquiera de estos botones, la acción de movimiento se ejerce únicamente sobre el cubo seleccionado. Por cada vez que el usuario desee mover el cubo en determinada dirección, se deberá presionar el botón.

Borrar el cubo: Para eliminar el cubo, el usuario deberá presionar el botón con el símbolo “-”, el cual se encuentra en la esquina superior derecha del marcador (fig. 5.6). Se sugiere verificar que el cubo seleccionado sea el que se desea borrar, ya que será sobre el que se realice la eliminación.

5.3.3. Modalidad de voz

Para interactuar con esta modalidad, es necesario presionar un botón que comienza a grabar la voz del paciente y a continuación este puede decir comandos hablados que desencadenan ciertas acciones. La interfaz de esta modalidad se muestra en la figura 5.7.



Figura 5.7: Captura de la modalidad basada en voz.

Creación del cubo: Para generar un cubo en esta modalidad, el usuario deberá presionar el botón para grabar la voz y decir el comando “Añadir”, a continuación aparecerá un cubo en la coordenada (0,0) del marcador. Dicho cubo estará automáticamente seleccionado.

Selección del cubo: En esta modalidad también se maneja la numeración interna de cada cubo, la cuál va incrementando conforme se van añadiendo más cubos al plano. Por lo que para recorrer los cubos mediante dicha numeración, el usuario deberá presionar el botón para grabar la voz y utilizar el comando “Cambio”. El recorrido se

realiza únicamente a la izquierda considerando la numeración de los cubos. Al llegar al final de la numeración, volverá a seleccionarse el último cubo añadido.

Mover un cubo: Para realizar la tarea de mover el cubo, la aplicación reacciona ante 6 comandos distintos, que son: Arriba, abajo, izquierda, derecha, adelante y atrás, cada uno mueve el cubo hacia la dirección correspondiente. Por lo que el paciente podrá mover el cubo seleccionado al presionar el botón de grabar voz y decir uno o más de estos comandos. Si menciona más de uno, las acciones se irán realizando en el orden en que el paciente las mencione.

Borrar el cubo: Si el paciente está seguro de que el cubo seleccionado es el que desea borrar, deberá presionar el botón de grabar voz y mencionar el comando "Borrar" y este se eliminará.

5.4. Alcances y limitaciones

Este estudio busca evaluar la usabilidad de las modalidades de interacción en realidad aumentada para adultos mayores a través de la realización de la prueba de Yerkes, por esta razón, se realizó una aplicación móvil que incorpora tres de las modalidades que se han considerado las más adecuadas para los adultos mayores en dispositivos móviles. A continuación se describen los alcances y limitaciones de cada modalidad, así como de la aplicación móvil en general.

—Aplicación móvil—

-Alcances:

La aplicación móvil permite que el usuario se registre para así diferenciar sus resultados del resto. También permite que el paciente seleccione entre tres modalidades. Permite que realicen la prueba en la modalidad que hayan seleccionado. Una vez que realizan la prueba, al presionar o mencionar el comando "Salir", se realiza una captura de pantalla que muestra la figura formada por el paciente.

-Limitaciones:

Los datos recabados se quedan en el dispositivo móvil, sin embargo, está previsto en el trabajo a futuro está contemplado que los datos se envíen a una base de datos remota por medio de wi-fi.

—Modalidad Táctil—

-Alcances:

El usuario cuenta con botones para añadir los cubos de manera táctil. Así como realizar otras tareas como borrar el cubo, ver las instrucciones y la imagen que muestra la forma que debe realizar, cambiar el cubo seleccionado y finalizar la prueba. El área de trabajo es muy amplia, inclusive se puede extender la figura por fuera del marcador siempre y cuando, la cámara de la tableta capte al menos una tercera parte del marcador.

-Limitaciones:

Acomodar los cubos puede llegar a necesitar demasiada precisión por parte del usuario.

–Modalidad basada en visión–

-Alcances:

Al dirigir la cámara hacia el marcador, se pueden observar los botones virtuales. Estos pueden ser presionados al cubrir la parte del marcador en la que está situado cada botón. Pueden añadir y borrar cubos o moverlos en todas las direcciones, cambiar el cubo seleccionado, ver las instrucciones o salir de la aplicación.

-Limitaciones:

Los botones virtuales deben estar situados dentro del marcador para de esta manera detectar cuando el botón es presionado. Esto limita el área de trabajo, ya que en cierto punto, los cubos pueden cubrir los botones virtuales. Además, los movimientos para presionar los botones virtuales deben ser muy precisos, ya que de lo contrario, pueden llegar a presionar otros botones que no desean tocar.

–Modalidad de voz–

-Alcances:

Para trabajar con la modalidad de voz, se utilizarán comandos hablados. Inicialmente presiona un botón el cual comienza a grabar la voz del usuario y cuando el paciente esté en silencio, la aplicación dejará de grabar y procesará los comandos. El paciente puede decir varios comandos en una misma grabación y cada uno será procesado. Con estos comandos podrá crear, borrar y mover los cubos, así como hacer que se muestren las instrucciones y la imagen con la forma a modelar y cerrar la aplicación móvil.

-Limitaciones:

El framework utilizado para la detección de la voz es "Mobile Speech Recognizer". El funcionamiento de este framework no permite una grabación continua y procesamiento a la vez, sino que graba un pequeño fragmento y lo procesa para generar las acciones.

Capítulo 6

Pruebas de usabilidad

El tercer paso de la metodología de investigación, consiste en probar el prototipo de aplicación móvil con los adultos mayores, para así comparar las modalidades de interacción. La experimentación consiste en realizar la prueba de Yerkes por medio del prototipo con cada modalidad de interacción y la aplicación de cuestionarios con los que el usuario emite su opinión acerca de cada modalidad, para que posteriormente se realice un análisis con el que se determine la modalidad más usable.

6.1. Primera iteración

El prototipo de la aplicación móvil, se realizó de manera iterativa. Una de las primeras iteraciones se probó con 4 personas de entre 24 y 27 años. La intención de estas pruebas era comprobar que se cumplieran los atributos de la usabilidad, considerando que a la población menor a 60 años se le facilita el uso de la tecnología [37]. Las respuestas dadas por los sujetos de investigación, revelaron que la modalidad basada en visión tenía altas deficiencias de usabilidad, ya que al realizar las tareas necesarias para llevar a cabo la prueba de Yerkes, estas eran demasiado complejas y accidentalmente se generaban acciones indeseadas. Por lo que debido a los problemas de usabilidad presentados por la modalidad basada en visión, se decidió no probarla con los adultos mayores, ya que podría provocar frustración y renuencia en las personas de la tercera edad.

6.2. Cuestionarios de evaluación de las modalidades e interfaz de la aplicación móvil

Para la comprobación de usabilidad del sistema, se realizarán dos cuestionarios que se aplicarán al usuario antes y después de que utilice la aplicación. El cuestionario previo nos ayuda a conocer acerca de su persona, su educación, su experiencia previa con los dispositivos móviles y los ambientes virtuales, así como los deterioros físicos y/o cognitivos que padece. Este cuestionario se encuentra en el apéndice A.

El cuestionario que se aplicará de manera posterior a la realización de la prueba, servirá para comprobar que los criterios de usabilidad se cumplen y que el diseño es

adecuado para las personas de la tercera edad. El cuestionario es el mismo para las 3 modalidades. Se le cuestiona acerca de la claridad y los colores de los objetos, la comprensibilidad y sencillez de las tareas a realizar durante la prueba, la satisfacción generada en el usuario al utilizar la prueba, el tiempo de respuesta y el comportamiento de la aplicación móvil. El cuestionario fue redactado positivamente según la escala de Likert, donde se le proporcionan al participante 5 reactivos con los cuales puede expresar si están o no de acuerdo con lo afirmado en la pregunta. Estas opciones van puntuadas del 5 al 1, en la que el 5 es “totalmente de acuerdo” y 1 es “totalmente en desacuerdo”. El cuestionario se encuentra en el apéndice B.

6.3. Participantes

Una evaluación de usabilidad, se puede llevar a cabo utilizando entre cinco y diez participantes [7], por lo que la prueba se realizó con 9 sujetos con edades de entre 60 y 76 años de edad. Se les realizó una entrevista previa a realizar la prueba, para conocer sus características físicas, cognitivas y culturales. A los sujetos se les ha proporcionado una lista de dispositivos electrónicos, para que marquen cual de estos han utilizado. Los elementos de la lista son: La computadora, el teléfono celular, la tableta, los lentes de realidad aumentada y el kinect.

Participante 1: Es un hombre que tiene 74 años de edad, educación primaria. Afirma que nunca se le han aplicado pruebas neuropsicológicas. No padece problemas físicos ni cognitivos. De la lista de dispositivos electrónicos solamente ha marcado como “previamente utilizado” el teléfono celular.

Participante 2: Es una mujer que tiene 73 años de edad. Posee una educación primaria. No se le han aplicado pruebas neuropsicológicas. No padece problemas físicos ni cognitivos. Afirma que de la lista de dispositivos electrónicos que se le ha proporcionado, sólo ha utilizado el teléfono celular.

Participante 3: Es un hombre que tiene 61 años de edad. Tiene educación secundaria. No le han aplicado pruebas neuropsicológicas previamente. Padece de glaucoma, pero no padece problemas cognitivos. Afirma haber utilizado previamente la computadora, el teléfono celular y la tableta.

Participante 4: Es una mujer de 76 años. Es licenciada en educación. No le han realizado pruebas neuropsicológicas. No padece problemas físicos ni cognitivos. Previamente sólo ha utilizado el teléfono celular.

Participante 5: Es una mujer de 65 años. Es especialista en medicina familiar. No le han realizado pruebas neuropsicológicas. No padece problemas físicos ni cognitivos. Afirma no haber utilizado previamente ninguno de los dispositivos electrónicos enlistados.

Participante 6: Es una mujer de 60 años, cuyo nivel de escolaridad es de secundaria. No le han realizado pruebas neuropsicológicas. Afirma no padecer problemas físicos ni cognitivos.

Participante 7: Es una mujer, tiene 69 años. Su escolaridad es de licenciatura en psicología. Padece de pérdida de visión y pérdida de audición del oído izquierdo. También afirma que no padece problemas cognitivos.

Participante 8: Es una mujer de 60 años. Tiene licenciatura. Afirma que padece de pérdida de visión, pero no de problemas cognitivos.

Participante 9: Es una mujer de 70 años, cuya escolaridad es de secundaria. Padece problemas de pérdida de visión. No tiene problemas cognitivos.

Se les cuestionó a los participantes sobre su experiencia previa con los diversos dispositivos en los que se despliega la realidad aumentada, aún cuando la finalidad de uso no haya estado relacionada con actividades en ambientes virtuales. Los resultados fueron los siguientes: 44.44 % afirmó haber utilizado computadoras, el 88.99 % dijo utilizar teléfono celular y el 33.33 % aseguró haber utilizado una tableta previamente. Ninguno de los participantes había utilizado lentes de realidad aumentada ni kinect.

6.4. Procedimiento del experimento

La realización de las pruebas de usabilidad, se realizó siguiendo una serie de pasos, los cuales se describirán a continuación.

- 1.- Al inicio del procedimiento, se le explica al paciente de qué se trata el estudio, cuales son los beneficios y los posibles riesgos, así como las aclaraciones respecto a que su participación y permanencia durante la prueba es totalmente voluntaria, que no deberá pagar nada, y tampoco recibirá ninguna paga, se le especifica en qué se utilizarán los resultados de sus cuestionarios, entre otros detalles.
- 2.- Se le realiza el cuestionario del apéndice A, que es acerca de sus datos generales.
- 3.- Se prueba la modalidad táctil, mostrándole la sección de “instrucciones” y ejemplificando como añadir y mover un cubo para que el participante aprenda por medio de la visualización. Se le hace la indicación al paciente de que puede comenzar a realizar las tareas por sí mismo, pero que se le irá guiando cuando lo necesite. El paciente realiza la prueba con la modalidad táctil, ya sea hasta completar la figura o hasta que él decida abandonar esa parte del procedimiento.
- 4.- Se le aplica el cuestionario posterior para conocer su opinión acerca de la prueba que acaba de realizar.
- 5.- Se le muestra la prueba con la modalidad de voz, abriendo la sección de “Instrucciones”, pero dándole también el ejemplo agregando un cubo y moviéndolo con los comandos hablados. Se permite que el paciente realice la prueba auxiliándolo cuando lo necesita y que concluya al formar la figura o hasta que el paciente decida ya no continuar más.
- 6.- Se le aplica el cuestionario posterior, esta vez para evaluar la modalidad de voz.

Al concluir la realización de estos pasos, se da por finalizado el experimento.

6.5. Recolección de datos

Una parte de los adultos mayores con los que se hicieron las pruebas, fueron contactados por medio del Centro Familiar No. 11 - Miguel Ramos Arizpe, localizado en la delegación Gustavo A. Madero de la Ciudad de México. Sin embargo, la mayoría de los participantes fueron contactados de manera independiente. La realización de las pruebas con cada uno de los participantes fue de aproximadamente 30 minutos, 15 minutos por cada modalidad. Después de cada prueba se les realizaba un cuestionario para conocer su opinión acerca de la modalidad con la que habían trabajado. Los datos recabados acerca de la aplicación de los cuestionarios para la prueba táctil se muestran en la tabla 6.1 y los datos para la prueba de voz se muestran en la tabla 6.2.

Tabla 6.1: Resultados de las pruebas de la modalidad táctil.

Participantes	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	5	2	5	1	4	2	1
2	5	5	5	4	5	5	4
3	5	5	5	5	5	5	3
4	5	5	4	5	5	5	5
5	5	5	5	4	4	5	4
6	5	5	5	3	5	5	3
7	5	3	5	5	4	5	3
8	5	5	5	3	5	5	3
9	5	5	4	4	3	5	5

Tabla 6.2: Resultados de las pruebas de la modalidad de voz.

Participantes	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	5	2	3	3	2	3	3
2	5	3	3	3	5	4	3
3	5	5	5	5	5	4	5
4	5	5	4	3	4	4	5
5	5	5	5	1	4	5	5
6	5	5	5	4	5	3	5
7	5	3	5	1	1	2	4
8	5	5	2	3	4	2	3
9	5	5	2	4	4	3	3

Capítulo 7

Resultados, conclusiones y trabajo a futuro.

En este capítulo se describen todos los resultados obtenidos a lo largo del estudio, como los resultados obtenidos de los antecedentes y del estado del arte, del desarrollo de la prueba y de las pruebas de usabilidad realizadas con los adultos mayores. Posteriormente se realizará un análisis estadístico de los datos obtenidos, se expondrá la discusión de la investigación, los productos académicos realizados, las conclusiones del estudio y el trabajo a futuro.

7.1. Resultados

La resolución del problema se ha llevado a cabo siguiendo una serie de pasos que llevarían a conocer cual es la modalidad de interacción en realidad aumentada que sea más usable para los adultos mayores.

7.1.1. Análisis de las modalidades y características de la interfaz

Se realizó un análisis de las modalidades de interacción que se pueden implementar en una tableta para ser utilizados en el ambiente de realidad aumentada. Los seleccionados fueron: Voz, táctil, basada en visión, teclado y de manera háptica. También se realizó una investigación acerca de los deterioros físicos y cognitivos. Estos se dividen en cuatro categorías, que son: Movimientos, problemas visuales, auditivos y cognitivos. A partir de estos datos se realizó un análisis en el que se compararon las modalidades de interacción seleccionadas y los deterioros de los adultos mayores con la finalidad de determinar los que podrían ser mas benéficos para los adultos mayores. De este análisis se obtuvieron recomendaciones, por ejemplo, para personas con problemas visuales, lo más recomendable es utilizar la interacción por voz. Sin embargo, también es viable utilizar el teclado y la modalidad táctil siempre y cuando se tengan objetivos grandes. El deterioro auditivo en los usuarios de la aplicación representan un reto al tratarse con la modalidad de voz. Por lo que se obtuvieron recomendaciones para poder combi-

nar la modalidad de voz y el deterioro auditivo. Por ejemplo, el utilizar 85dB o manejar lenguaje con el que los usuarios estén familiarizados. Para personas con problemas cognitivos no se recomienda interacción por voz ni la interacción basada en visión a menos que se le de un comportamiento real a los objetos virtuales. Las personas con deterioros de movimiento pueden trabajar con las interacciones táctil, háptica y basada en visión, siempre y cuando no haya demasiados objetivos en pantalla. La interfaz háptica es la más recomendada para personas con este deterioro, debido a la retroalimentación que brinda. De manera general, son recomendadas las modalidades que implican una interacción directa, para poder visualizar los resultados generados en el mismo lugar donde se realiza la acción.

También se realizó una investigación acerca de las características recomendadas para la interfaz de usuario, ya que aún con la modalidad correcta, si el paciente no comprende que hacer y como llegar a hacerlo, la aplicación móvil puede no ser usable.

El siguiente paso fue diseñar la interfaz de la aplicación móvil, con base en el análisis de las modalidades más viables para el proyecto, que son la de voz, la basada en visión y la táctil, y teniendo las recomendaciones para la interfaz, se definió que se requería una actividad para que el usuario pudiera registrarse con los datos básicos, como es su nombre y su fecha de nacimiento. Siguiendo las recomendaciones de diseño, estas tareas se realizaron de manera segmentada. Para llevar a cabo la prueba de cada modalidad se diseñó una actividad que sirve para seleccionar la modalidad con la que el paciente va a trabajar. A continuación se realiza la prueba de Yerkes con la modalidad seleccionada. Cada modalidad contará con botones o comandos que realizarán diversas acciones como desplegar instrucciones, mostrar en toda la pantalla la imagen que debe formar el paciente, generar el cubo, mover los cubos o salir de la aplicación. Principalmente, se mostrará el área de modelado, que es únicamente la cámara desplegada observando el marcado y en esta, el usuario formará las figuras con los cubos.

7.1.2. Desarrollo de la aplicación móvil

El desarrollo se llevó a cabo utilizando Unity con Vuforia, la extensión para Android y el framework "Mobile Speech Recognizer" para la modalidad de voz. Durante el desarrollo de descubrieron limitantes acerca del software ocupado. Al principio se tenía la idea de utilizar únicamente Vuforia y Android Studio, sin embargo, la interacción permitida por Vuforia es demasiado limitada, pero a pesar de eso esta es muy eficiente para reconocer el marcador y desplegar las figuras virtuales. Por ello se buscó una herramienta que trabajara con Vuforia, que permitiera la exportación a la plataforma de Android y proporcionara herramientas para desarrollar las acciones que llevaría a cabo cada modalidad, por lo cual se seleccionó Unity. También se descubrió que para una mejor estabilidad de la figura virtual se requería un marcador que tuviera formas irregulares para que se generen una gran cantidad de puntos reconocibles por Vuforia. Para ello se creó un marcador que cumpliera con estas características y a la vez hiciera honor a ESCOM.

7.1.3. Pruebas de usabilidad

Al realizar el experimento, los participantes se mostraban renuentes e inseguros debido a la falta de familiaridad que tenían con la tableta. Sin embargo, una vez que tenían la información suficiente para trabajar con la aplicación móvil, tomaron confianza y empezaron a manipular los objetos con seguridad. Al finalizar la prueba, afirmaron que deseaban practicar más y utilizar con mayor frecuencia los dispositivos móviles.

Los resultados del experimento fueron recabados mediante cuestionarios de evaluación, en las que se realizaban preguntas orientadas a los atributos de usabilidad y características de la interfaz.

Las primeras dos preguntas eran para comprobar que los objetos eran claramente visibles y que tenían colores adecuados. Las respuestas de los participantes (fig. 7.1) muestran que tanto en la modalidad táctil como la de voz, los participantes podían visualizar claramente los objetos. En cuanto a la conveniencia de los colores utilizados para los objetos, en la modalidad táctil, el 77.78 % de los participantes afirmaron que el color era muy adecuado, el 11.11 % afirmó que los colores eran medianamente adecuados y el 11.11 % dijo que los colores eran poco adecuados. En cuando a la modalidad de voz, el 75 % de los participantes consideraron que los colores eran muy adecuados, el 12.5 % afirmó que los colores eran medianamente adecuados y el 12.5 % consideró como "Poco adecuados" los colores.

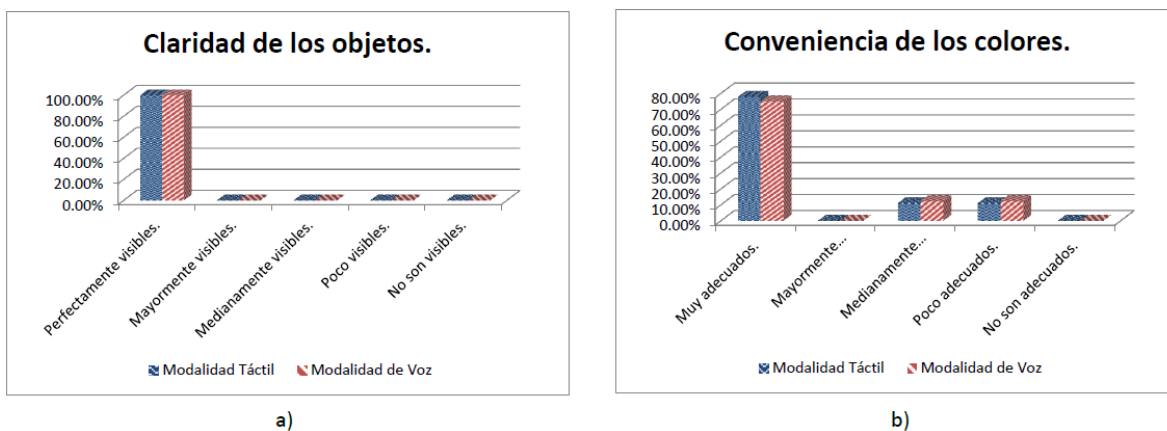


Figura 7.1: Comparativa de las respuestas de las preguntas 1 y 2 con la modalidad táctil y de voz.

La siguiente pregunta estaba orientada hacia uno de los atributos de la usabilidad, que es el aprendizaje. Los resultados obtenidos se plasman en la fig. 7.2. Para la modalidad táctil, el 77.78 % de las personas afirmaron que las tareas eran totalmente comprensibles y el 22.22 % dijo que las tareas eran mayormente comprensibles. Para la modalidad de voz, el 37.5 % de los participantes calificó como “Totalmente comprensibles” las tareas a realizar, el 12.5 % marcó como “Mayormente comprensibles” las tareas, el 12.5 % dijo que las tareas eran “Medianamente comprensibles” y el 25 % mencionó que las tareas eran un poco confusas. La cuarta pregunta está enfocada a dos atributos de la usabilidad, que son que sea fácil de recordar y eficiente. Se le preguntó al paciente sobre la sencillez de las tareas en la modalidad táctil (fig.: 7.3), a lo que

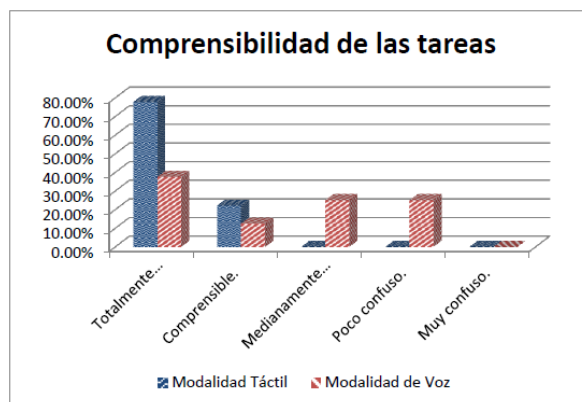


Figura 7.2: Comparativa de las respuestas de la pregunta 3 con la modalidad táctil y de voz.

el 33.33% de los participantes respondió que las tareas eran totalmente sencillas, otro 33.33% afirmó que la mayoría de las tareas eran sencillas, el 22.22% dijo que eran medianamente sencillas y el 11.11% afirmó que no eran nada sencillas. Acerca de este mismo tópico en la modalidad de voz, el 12.5% afirma que las tareas eran totalmente sencillas y el 25% dijo que eran mayormente sencillas, sin embargo, el 50% dijo que eran medianamente sencillas y el 12.5% dijo que no eran sencillas en absoluto.

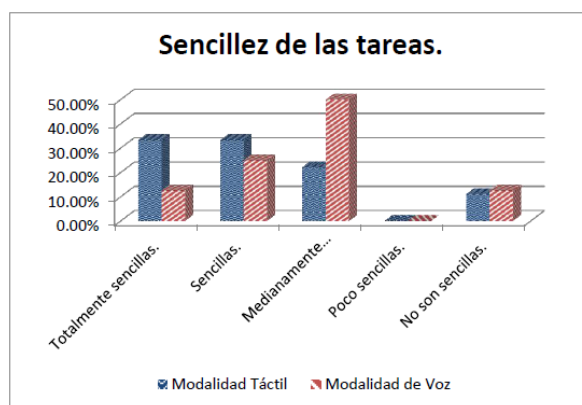


Figura 7.3: Comparativa de las respuestas de la pregunta 4 con la modalidad táctil y de voz.

La quinta pregunta responde al atributo de satisfacción para el usuario (fig. 7.4). Para la modalidad táctil, el 55.56% de las personas dijeron que les gustó demasiado utilizar la aplicación, el 33.33% dijo que les gustó y el 11.11% dijeron que les gustó moderadamente. Para la prueba con modalidad voz, el 37.5% dijo que les había gustado demasiado la prueba, el 50% dijo que les gustó y el 12.5% afirmó que les había gustado poco el utilizar la aplicación.

Las sexta y séptima pregunta hacen referencia al último atributo de la usabilidad, que es la menor cantidad de errores en la aplicación (fig. 7.5). La sexta pregunta era acerca del tiempo de respuesta de la aplicación. Acerca de la modalidad táctil, el 88.89%

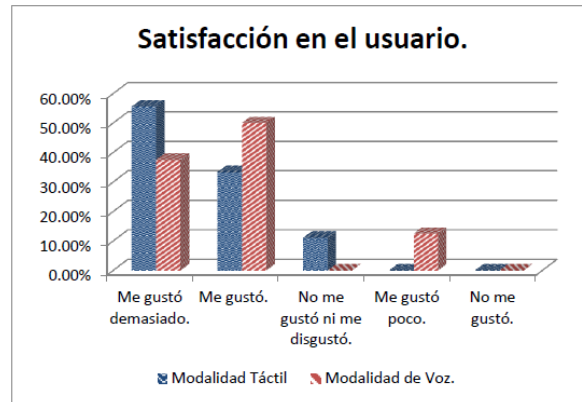


Figura 7.4: Comparativa de las respuestas de la pregunta 5 con la modalidad táctil y de voz.

de los usuarios dijeron que el tiempo había sido muy adecuado, y el 11.11 % dijo que el tiempo era inadecuado. En cuanto a la modalidad de voz, el 12.5 % de los pacientes afirmó que el tiempo era muy adecuado, el 37.5 % dijo que era moderadamente adecuado, otro 37.5 % afirmó que el tiempo no era adecuado ni inadecuado y el 12.5 % afirmó que el tiempo era poco adecuado. La séptima pregunta era acerca del comportamiento de la aplicación. En cuanto a esto, para la modalidad táctil, 22.22 % dijeron que la aplicación se había comportado exactamente ellos esperaban, el 22.22 % de los pacientes dijo que la mayoría de las veces, la aplicación se había comportado como ellos esperaban, el 44.44 % dijeron que había ocasiones en las que la aplicación no se había comportado como esperaban y el 11.11 % dijo que nunca se había comportado como esperaban. Acerca de la modalidad de voz, el 50 % afirmó que la aplicación se había comportado exactamente como esperaban y el otro 50 % dijo que a veces no se comportaba como esperaba.

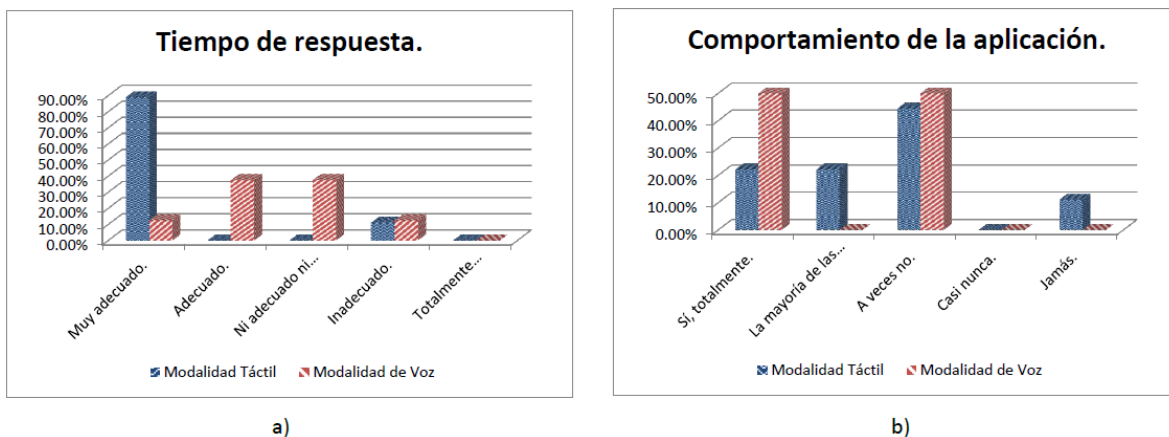


Figura 7.5: Comparativa de las respuestas de las preguntas 6 y 7 con la modalidad táctil y de voz.

7.1.4. Análisis estadístico

En esta sección se realiza un análisis estadístico con los resultados de los cuestionarios aplicados a los pacientes. El cuestionario para ambas modalidades es el mismo y al sumar el puntaje de las respuestas dadas por cada participante, se puede realizar una evaluación general de la opinión de cada uno. El puntaje mínimo de cada cuestionario fue de 7 y el máximo de 35, por lo tanto, el valor medio fue de 21.

Para la modalidad táctil, se obtuvo que el promedio de respuesta fue de 30.55. Al obtener la mediana y el tercer cuartil, podemos observar que entre el 50 % y el 75 % del puntaje de los resultados de los usuarios se encuentran entre el 31 y el 33. Uno de los resultados no supera el valor medio del cuestionario, sin embargo, los demás resultados son bastante cercanos al valor máximo de usabilidad. Esto se puede observar en la figura 7.6.

Los resultados de la modalidad de voz denotan menor usabilidad, ya que 2 de los resultados apenas alcanzan el valor medio. El valor promedio del puntaje de las respuestas es de 27.11 y más del 50 % de los resultados tienen mayor cercanía con el valor medio que con el valor máximo. Esto se puede ver reflejado en el histograma de las frecuencias (fig. 7.6).

La descripción del análisis estadístico de la modalidad táctil y de voz, para evaluar la usabilidad, se encuentra en la tabla 7.1.

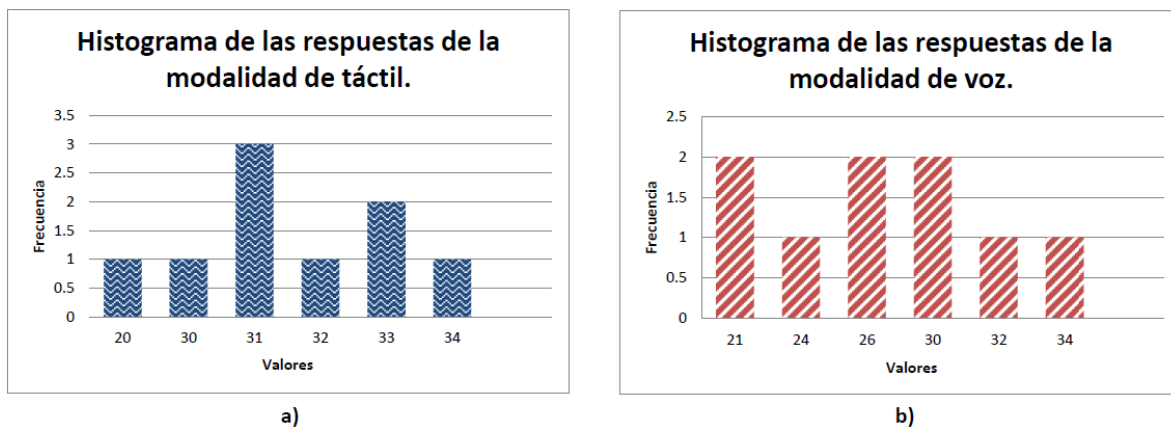


Figura 7.6: Histogramas de las frecuencias de los valores del puntaje de las respuestas dadas por los usuarios.

Tabla 7.1: Valores estadísticos de las pruebas.

Modalidad	Mínimo	Primer cuartil	Mediana	Promedio	Tercer cuartil	Máximo
Táctil	20	31	31	30.55	33	34
Voz	21	24	26	27.11	30	34

7.2. Discusión

Los antecedentes y el estado del arte acerca de las modalidades de interacción en dispositivos móviles que son más usables por los adultos mayores, determinó que si bien, la modalidad táctil era fácil de comprender y manejar por las personas de la tercera edad, estos preferían la modalidad de voz. Sin embargo, el análisis de resultados de este estudio, arrojó que la preferencia de los adultos mayores en cuando a la modalidad de interacción para realidad aumentada en tabletas, era la modalidad táctil. Por lo cual, es importante realizar un análisis de las pruebas de campo, más no de los resultados dados por los usuarios, sino del comportamiento de estos y de la aplicación móvil al momento de la realización de las pruebas.

La modalidad basada en visión, no llegó a probarse con los adultos mayores, debido a que en la primera iteración del prototipo de aplicación móvil, se realizaron pruebas con personas de entre 24 y 27 años, los cuales afirmaron que aunque podían trabajar con esta modalidad, presentaban problemas con la precisión con la que debían presionar los botones virtuales, ya que varias veces tocaron accidentalmente botones no deseados, generando acciones que no querían y debían corregir, haciendo más trabajo del necesario para formar la figura. Además, al formar la figura, llegaron a cubrir accidentalmente los botones virtuales con los cubos y se sentían confundidos sobre como continuar trabajando si requerían presionar el botón oculto. Inclusive llegaron a externar dudas acerca del significado de algunos de los símbolos de los botones, como los de “arriba” y “abajo”. No se encontró ningún beneficio exclusivo de esta modalidad, por el contrario, hubo varias características negativas que claramente hacían inviable su usabilidad según los atributos mencionados en el marco teórico. Por ello, con la intención de no generar frustración en los pacientes de la tercera edad, no se les realizaron pruebas con esta modalidad.

Al realizar las pruebas con la modalidad de voz, se observó que para los usuarios era más sencillo acomodar de manera precisa los cubos, debido a que estos tenían configurado un tamaño de paso, por lo que los usuarios podían colocar los cubos uno exactamente al lado del otro con facilidad. Sin embargo, la aplicación móvil, no siempre lograba reconocer las palabras del usuario, ya sea porque el tono de voz del paciente no era muy alto o porque el ruido ambiental era muy alto, lo que hacía que los pacientes tuvieran que repetir los comandos varias veces y esto les resultaba molesto. Además, se trabajaba demasiado con la memoria de trabajo del usuario, ya que, aún cuando se utilizaron palabras de uso cotidiano, los pacientes a veces olvidaban los comandos para mover el cubo o para visualizar la figura que debían formar. Otro problema con la modalidad de voz, fue la limitación de no poder grabar y procesar los comandos de manera continua, sino que se requería presionar un botón antes de decir el comando para que este se comenzara a grabar y en varias ocasiones los pacientes omitían el presionar el botón, y al decir el comando no había ninguna acción en pantalla y esto los confundía. En ocasiones, presionaban el botón y decían el comando correctamente, pero el tiempo de respuesta era lento, ya que debido al ruido ambiental, la aplicación móvil continuaba grabando y no procesaba la instrucción del paciente hasta después de unos segundos, pero los usuarios no entendían lo que sucedía.

La realización de las pruebas con la modalidad táctil se llevaba a cabo con mayor

naturalidad, pues la mayoría de los pacientes sabían cómo interactuar con los teléfonos celulares y una parte, también sabía manipular las tabletas. Los sujetos de investigación afirmaron que la interacción con estos dispositivos la realizaban de manera táctil, por lo que su conocimiento previo en cuanto a modalidades de interacción con dispositivos móviles, era casi totalmente táctil y al trabajar con la aplicación móvil, su primer impulso era tocar la pantalla para manipular objetos. Esto fue especialmente claro, cuando al trabajar con la modalidad de voz, los usuarios añadían su primer cubo con el comando hablado e inmediatamente intentaban arrastrarlo por la pantalla de manera táctil. Además, como se ha mencionado anteriormente, se sugiere la interacción directa con los adultos mayores, y la modalidad táctil es la que cumplió mejor esta característica, ya que cuando los usuarios trazaban la trayectoria del cubo por la pantalla, este inmediatamente se desplazaba, por lo que hubo una buena relación entre la acción del paciente y la reacción de la aplicación, lo que le generaba satisfacción a los usuarios. Sin embargo, el que los cubos no tuvieran un tamaño de paso, hacía más complicado que los colocaran con precisión y esto les causaba frustración.

Como podemos ver, cada modalidad tiene sus respectivas fortalezas y debilidades, sin embargo, estas no se hubieran obtenido sin la realización de las pruebas con los adultos mayores. En el caso del prototipo final de este estudio, la realización de las pruebas con personas de la tercera edad, determinó que la modalidad táctil presentaba mayor usabilidad que la modalidad de voz y la modalidad basada en visión, en realidad aumentada en tabletas, pero también ha arrojado trabajo a futuro, para lograr que los adultos mayores puedan utilizar aplicaciones móviles en realidad aumentada en tabletas con la finalidad de beneficiar su salud y la de facilitar la labor de los médicos que los tratan.

7.3. Productos académicos

Producto de este trabajo de investigación fueron dos memorias de congreso internacional y un artículo de revista. A continuación se enlistan, junto con sus datos más relevantes.

- 1.- **Cartel:** Interaction Modalities for Augmented Reality in Tablets for Older Adults [56].

Autores: Ana Georgina Guerrero Huerta, Erika Hernández Rubio y Amilcar Meneses Viveros.

Congreso: International Conference on Human-Computer Interaction 2017.

Publicado en: HCI International 2017 – Posters'Extended Abstracts.

Año: 2017

Editores: Springer International Publishing

- 2.- **Artículo:** Augmented Reality in Tablets for the Yerkes Test for Older Adults [57].

Autores: Ana Georgina Guerrero Huerta, Erika Hernández Rubio y Amilcar Meneses Viveros.

Congreso: International Conference on Human-Computer Interaction 2018.

Publicado en: Human Aspects of IT for the Aged Population. Applications in

Health, Assistance, and Entertainment

Año: 2018

Editorial: Springer.

3.- **Artículo:** Aplicación de e-Salud con realidad aumentada para adultos mayores.

Autores: Ana Georgina Guerrero Huerta, Erika Hernández Rubio y Amilcar Meneses Viveros.

Congreso: International Conference on Computer Networks Applications 2018.

Aceptado para publicarse en: Revista Research in Computer Science.

Año: 2018

Editorial: Instituto Politécnico Nacional.

7.4. Conclusiones

Este estudio se realizó con la finalidad de comparar las modalidades de interacción que se pueden implementar en una tableta en realidad aumentada para saber cual es más usable por los adultos mayores, a través de la realización de la prueba de Yerkes. Para hacer esto, se identificaron las modalidades de interacción viables y se compararon con los deterioros físicos y cognitivos de las personas de la tercera edad. Posteriormente, se realizó un prototipo de aplicación en el que se incorporaron las modalidades táctil, voz y basada en visión, para así poder realizar pruebas de campo. Inicialmente, el prototipo se probó con personas de 24 a 27 años y luego con usuarios de 60 años en adelante. Finalmente, se realizó la evaluación de usabilidad de las de las modalidades de interacción, con lo que se concluyó que la modalidad táctil es la más viable para ser utilizada por adultos mayores en tabletas en realidad aumentada. Si bien, la modalidad de voz también puede ser calificada como usable, ha sido la modalidad táctil la que obtuvo puntajes más cercanos al valor máximo de usabilidad. En cuando a la modalidad basada en visión, se concluyó que su uso mediante botones virtuales es inviable. Como se puede ver, se han identificado los atributos de usabilidad con los que cada modalidad ha cumplido e incumplido, por lo que es importante realizar un nuevo estudio con modificaciones que faciliten la realización de las tareas de cada modalidad en realidad aumentada.

La opinión de los usuarios acerca de la satisfacción generada al utilizar la aplicación móvil fue alta en ambas pruebas. Los usuarios se mostraron interesados en trabajar con la realidad aumentada y ninguno dio señales de sufrir algún malestar durante la realización de la prueba, por lo que se puede determinar que la realidad aumentada en tabletas es altamente aceptada por los adultos mayores.

La prueba de Yerkes fue el medio por el cual se llevaron a cabo las tareas con las cuales se evaluó la usabilidad, sin embargo, de manera tradicional, las tareas mediante las que se realiza la prueba de Yerkes se llevan a cabo de manera manual, por lo que digitalizarla puede suponer contrariedades para el usuario. Para el caso de la modalidad táctil, es complicado acomodar los cubos de manera precisa, lo que distorciona la figura que el usuario desea formar. Para la interacción de voz, es forzoso utilizar un botón que comienza a grabar y continúa grabando siempre y cuando detecte sonido o llegue

al límite del tiempo de grabación, esto aumenta el tiempo de respuesta y en ocasiones presenta dificultades para reconocer la voz del usuario. La modalidad basada en visión requiere demasiada precisión para pulsar los botones virtuales, provocando errores. Además, al formar la figura, se llegaban a cubrir los botones con los que se realizaban las tareas de movimiento. Algunas de estas limitaciones pueden ser corregidas fácilmente, sin embargo, se requerían las pruebas para poder identificarlas.

En cuanto a la interfaz de usuario, los adultos mayores identificaron correctamente el uso de estas y también visualizar adecuadamente cada objeto en pantalla. Para la modalidad de voz, hubieron sugerencias de los pacientes respecto a que les hubiera gustado que el ícono con la imagen a formar se mostrara todo el tiempo, así como los comandos que podían utilizar para mover los cubos.

Los resultados obtenidos de esta investigación pueden ayudar a realizar más aplicaciones móviles en realidad aumentada para adultos mayores, con lo cuál se beneficiaría este sector de la población, al poder recibir tratamientos médicos que auxilien a la mejora de sus capacidades físicas y cognitivas, con herramientas económicas y fáciles de obtener.

7.5. Trabajo a Futuro

A partir del estudio realizado, se encontraron nuevas interrogantes y posibles mejoras al prototipo que es importante llevar a cabo más adelante.

- Al utilizar el framework "Mobile Speech Recognizer", se tiene la limitación de que no está grabando durante todo el tiempo de la prueba, sino que se requiere presionar un botón que graba los comandos durante unos segundos y entonces procede a hacer el proceso de reconocimiento. Por lo que una posible mejora a la aplicación sería encontrar una manera para que se esté grabando y procesando los comandos al mismo tiempo.
- La modalidad táctil es la más usable para los adultos mayores, sin embargo, la precisión para acomodar correctamente los cubos debe ser muy alta, por lo que una propuesta para mejorar esta modalidad es crear una rejilla en la que los cubos se acomoden automáticamente al detectar el arrastre que realice el usuario o fijar un tamaño de paso para los cubos. De esta manera, el paciente no tendrá que ser tan preciso al mover los objetos virtuales y será más sencillo armar las figuras.
- La modalidad basada en visión terminó siendo la menos usable al implementarla con botones virtuales, sin embargo, aún hay mucho por experimentar con esta modalidad, como un sistema de captura de movimiento, por lo que es posible realizar un estudio al respecto.
- Para el aspecto médico, sería importante guardar la figura armada por el usuario y mostrarla en la computadora u otra tableta, para que de esta manera, el neuropsicólogo pueda realizar el diagnóstico al paciente.

CAPÍTULO 7. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO.

- Parte de las áreas de oportunidad para probar la realidad aumentada en tabletas con adultos mayores, es utilizar Interfaces de Usuario Distribuidas.
- En cuanto a la interfaz de usuario para la modalidad de voz, es importante que los comandos y la figura que el usuario debe formar, se muestren todo el tiempo en pantalla y así no forzar la memoria de trabajo del paciente.
- Se pondrá una opción para deshacer acciones, para que el usuario pueda corregir acciones no deseadas.

CAPÍTULO 7. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO.

Bibliografía

- [1] Eeva Kangas and Timo Kinnunen. Applying user-centered design to mobile application development. *Communications of the ACM*, 48(7):55–59, 2005.
- [2] Maged N Kamel Boulos, Steve Wheeler, Carlos Tavares, and Ray Jones. How smartphones are changing the face of mobile and participatory healthcare: an overview, with example from ecaalyx. *Biomedical engineering online*, 10(1):24, 2011.
- [3] Jordi Grau Moracho. Pensando en el usuario: la usabilidad. *Anuario ThinkEPI*, (1):172–177, 2007.
- [4] Guillermo Manuel Martínez de la Teja. Ergonomía e interfaces de interacción humano-computadora. In *IX Congreso Internacional de la Ergonomía, México, DF*, volume 8, 2007.
- [5] Hong Zhu. *Software design methodology: From principles to architectural styles*. Elsevier, 2005.
- [6] Fatih Nayebi, Jean-Marc Desharnais, and Alain Abran. The state of the art of mobile application usability evaluation. In *Electrical & Computer Engineering (CCECE), 2012 25th IEEE Canadian Conference on*, pages 1–4. IEEE, 2012.
- [7] Steve Love. *Understanding mobile human-computer interaction*. Butterworth-Heinemann, 2005.
- [8] Julie A Jacko. *Human computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies, and emerging applications*. CRC press, 2012.
- [9] Alexander Romanovich Luria. Las funciones corticales superiores del hombre. Technical report, Orbe,, 1977.
- [10] Feggy Ostrosky Solís and Esmeralda Matute Duran. La neuropsicología en México. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 9(2):86–98, 2009.
- [11] Pedro Cruz Caballero, Amilcar Meneses-Viveros, Erika Hernández-Rubio, and Oscar Zamora Arévalo. Distributed user interfaces for poppelreuters and raven visual tests. In *International Conference on Human Aspects of IT for the Aged Population*, pages 325–338. Springer, 2017.

BIBLIOGRAFÍA

- [12] JA Hajar Miranda, Erika Hernandez Rubio, and Amilcar Meneses Viveros. Design of luria memory test for older adults on mobile devices. In *Horizons in Computer Science Research*, pages 183–198. Nova Publishers, 2014.
- [13] Ha-na Yoo, EunJung Chung, and Byoung-Hee Lee. The effects of augmented reality-based otago exercise on balance, gait, and falls efficacy of elderly women. *Journal of physical therapy science*, 25(7):797–801, 2013.
- [14] Thomas A DeFanti, Gregory Dawe, Daniel J Sandin, Jurgen P Schulze, Peter Otto, Javier Girado, Falko Kuester, Larry Smarr, and Ramesh Rao. The starcave, a third-generation cave and virtual reality optiportal. *Future Generation Computer Systems*, 25(2):169–178, 2009.
- [15] Alana Da Gama, Thiago Chaves, Lucas Figueiredo, and Veronica Teichrieb. Poster: improving motor rehabilitation process through a natural interaction based system using kinect sensor. In *3D User Interfaces (3DUI), 2012 IEEE Symposium on*, pages 145–146. IEEE, 2012.
- [16] Shirley Roth Shema, Marina Brozgol, Moran Dorfman, Inbal Maidan, Lior Sharaby-Yeshayahu, Hila Malik-Kozuch, Orly Wachslar Yannai, Nir Giladi, Jeffrey M Hausdorff, and Anat Mirelman. Clinical experience using a 5-week treadmill training program with virtual reality to enhance gait in an ambulatory physical therapy service. *Physical therapy*, 94(9):1319, 2014.
- [17] JA Hajar Miranda, Erika Hernandez Rubio, and Amilcar Meneses Viveros. Analysis of luria memory tests for development on mobile devices. In *International Conference on Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management*, pages 546–557. Springer, 2014.
- [18] Reinhold Behringer, Johannes Christian, Andreas Holzinger, and Steve Wilkinson. Some usability issues of augmented and mixed reality for e-health applications in the medical domain. In *Symposium of the Austrian HCI and Usability Engineering Group*, pages 255–266. Springer, 2007.
- [19] Feng Zhou, Henry Been-Lirn Duh, and Mark Billinghurst. Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ismar. In *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pages 193–202. IEEE Computer Society, 2008.
- [20] Erika Hernández-Rubio, Amilcar Meneses-Viveros, Erick Mancera-Serralde, and Javier Flores-Ortiz. Combinations of modalities for the words learning memory test implemented on tablets for seniors. In *International Conference on Human Aspects of IT for the Aged Population*, pages 309–319. Springer, 2016.
- [21] Pedro Cruz Caballero, Amilcar Meneses Viveros, and Erika HernándezRubio. Distributed user interfaces for luria’s tests for older adults. In *International Conference on Human-Computer Interaction*, pages 413–419. Springer, 2016.

- [22] Kenneth I Shulman. Clock-drawing: is it the ideal cognitive screening test? *International journal of geriatric psychiatry*, 15(6):548–561, 2000.
- [23] Harold Goodglass, Edith Kaplan, and Barbara Barresi. *The assessment of aphasia and related disorders*. Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- [24] C Carnero-Pardo and MT Montoro-Ríos. Evaluación preliminar de un nuevo test de cribado de demencia (eurotest). *Rev Neurol*, 38(3):201–209, 2004.
- [25] I Feria Vilar, MJ Pérez-Navarro, J Ruiz-Giménez, R Vélchez-Carrillo, and MT Montoro-Ríos. Utilidad diagnóstica del test de las fotos (fototest) en deterioro cognitivo y demencia. *Neurología*, 22(10):860–869, 2007.
- [26] Masatomo Kobayashi, Atsushi Hiyama, Takahiro Miura, Chieko Asakawa, Michitaka Hirose, and Tohru Ifukube. Elderly user evaluation of mobile touchscreen interactions. In *IFIP Conference on Human-Computer Interaction*, pages 83–99. Springer, 2011.
- [27] Muna S Al-Razgan, Hend S Al-Khalifa, Mona D Al-Shahrani, and Hessah H AlAjmi. Touch-based mobile phone interface guidelines and design recommendations for elderly people: a survey of the literature. In *International Conference on Neural Information Processing*, pages 568–574. Springer, 2012.
- [28] Sri Kurniawan. Mobile phone design for older persons. *interactions*, 14(4):24–25, 2007.
- [29] J. Figueroa Angulo. Desarrollo de un sistema de realidad aumentada basado en la colocación de objetos virtuales en escenas reales a partir de la obtención de nubes de puntos en una secuencia de imágenes. Master’s thesis, Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.
- [30] N. Fernández Sánchez. Sistema de realidad aumentada para aplicaciones android. Master’s thesis, Escuela Politécnica Superior, 2012.
- [31] ISO. Iso 9241-11:1998 - ergonomic requirements for office work with visual display terminals (vdts) – part 11: Guidance on usability. Technical report, 2016.
- [32] Jakob Nielsen. *Usability engineering*. Elsevier, 1994.
- [33] Mary Monroy, María Oyarzabal, Manuel Ferre, Salvador Cobos, Jordi Barrio, and Javier Ortego. Dispositivos hápticos: Una forma de realizar la interacción hombre-máquina. *Domótica, Robótica y Teleasistencia para Todos*, page 39, 2007.
- [34] Cristina Manresa-Yee, Esperança Amengual, and Pere Ponsa Asensio. La usabilidad de las interfaces basadas en visión. *FAZ*, (7):12–31, 2011.
- [35] Ramón Ruiz. El método científico y sus etapas. *Biblioteca Lascasas [Internet]*, 3(3), 2007.

BIBLIOGRAFÍA

- [36] William Buxton, Ralph Hill, and Peter Rowley. Issues and techniques in touch-sensitive tablet input. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 19(3):215–224, 1985.
- [37] Richard Pak and Anne McLaughlin. *Designing displays for older adults*. CRC press, 2010.
- [38] Developer.android.com. Cómo descargar android studio y sdk tools | android studio, 2017.
- [39] Developer.vuforia.com. Vuforia developer portal, 2017.
- [40] Harvey M Deitel and Paul J Deitel. *Como programar en Java*. Pearson Educación, 2003.
- [41] M Carmen Juan, Mariano Alcaniz, Carlos Monserrat, Cristina Botella, Rosa María Baños, and Belen Guerrero. Using augmented reality to treat phobias. *IEEE computer graphics and applications*, 25(6):31–37, 2005.
- [42] C González, D Vallejo, JA Albusac, and JJ Castro. *Realidad aumentada. un enfoque práctico con artoolkit y blender*, 2013.
- [43] DWF Van Krevelen and Ronald Poelman. A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International journal of virtual reality*, 9(2):1, 2010.
- [44] Kangdon Lee. Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56(2):13–21, 2012.
- [45] Geográfica e Informática Instituto Nacional de Estadística. Estadísticas a propósito del día internacional de las personas de edad, 2005.
- [46] Instituto Mexicano del Seguro Social. Informe al ejecutivo federal y al congreso de la unión sobre la situación financiera y los riesgos del instituto mexicano del seguro social 2016-2017. Technical report, 2017.
- [47] Instituto Mexicano del Seguro Social. Derechohabientes, pensionados y público en general. Technical report, 2018.
- [48] INCMNSZ. Instituto nacional de ciencias médicas y nutrición salvador zubirán. Technical report, 2018.
- [49] Ernest Ropiequet Hilgard. Robert mearns yerkes, may 26, 1876–february 3, 1956. *Biographical memoirs. National Academy of Sciences (US)*, 38:385–425, 1965.
- [50] José-Manuel Díaz-Bossini and Lourdes Moreno. Accessibility to mobile interfaces for older people. *Procedia Computer Science*, 27:57–66, 2014.
- [51] Shaun K Kane, Jeffrey P Bigham, and Jacob O Wobbrock. Slide rule: making mobile touch screens accessible to blind people using multi-touch interaction techniques. In *Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pages 73–80. ACM, 2008.

- [52] Kyudong Park, Taedong Goh, and Hyo-Jeong So. Toward accessible mobile application design: developing mobile application accessibility guidelines for people with visual impairment. In *Proceedings of HCI Korea*, pages 31–38. Hanbit Media, Inc., 2014.
- [53] Jing Gao and Andy Koronios. Mobile application development for senior citizens. In *PACIS*, page 65, 2010.
- [54] Gerard Lacey and Kenneth M Dawson-Howe. The application of robotics to a mobility aid for the elderly blind. *Robotics and Autonomous Systems*, 23(4):245–252, 1998.
- [55] Murray Grossman, Susan Carvell, Matthew B Stern, Stephen Gollomp, and Howard I Hurtig. Sentence comprehension in parkinson’s disease: The role of attention and memory. *Brain and Language*, 42(4):347–384, 1992.
- [56] Ana Georgina Guerrero Huerta, Erika Hernández Rubio, and Amilcar Meneses Viveros. Interaction modalities for augmented reality in tablets for older adults. In *International Conference on Human-Computer Interaction*, pages 427–434. Springer, 2017.
- [57] Ana Georgina Guerrero Huerta, Erika Hernández Rubio, and Amilcar Meneses Viveros. Augmented reality in tablets for the yerkes test for older adults. In *Human Aspects of IT for the Aged Population. Applications in Health, Assistance, and Entertainment*. Springer International Publishing, 2018.

BIBLIOGRAFÍA

Apéndice A

Cuestionario previo a la prueba.

1.- ¿Cuál es su nombre?

2.- ¿Cuál su fecha de nacimiento?

3.- ¿Cuál es su nivel de escolaridad?

4.- ¿Cuál de los siguientes dispositivos electrónicos ha utilizado?

Dispositivo electrónico	Sí	No
Computadora		
Teléfono Celular		
Tableta		
Lentes de Realidad Aumentada		
Kinect		

5.- ¿Le han aplicado pruebas neuropsicológicas?

Sí	No
----	----

En caso de que Sí, ¿qué tipo de pruebas han sido?

6.- ¿Padece problemas físicos? ¿Cuáles?

7.- ¿Padece de problemas mentales? ¿Cuáles?

APÉNDICE A. CUESTIONARIO PREVIO A LA PRUEBA.

Apéndice B

Cuestionario posterior a la prueba.

1.- ¿Cuál es su nombre?

2.- ¿Los objetos son claramente visibles?

5	4	3	2	1
Los objetos son perfectamente visibles.	Los objetos son mayormente visibles.	Los objetos son medianamente visibles.	Los objetos son poco visibles.	No son visibles en absoluto.

3.- ¿Los colores utilizados le parecieron adecuados?

5	4	3	2	1
Los colores son muy adecuados.	Son mayormente adecuados.	Los colores son medianamente adecuados.	Los colores son poco adecuados.	No son adecuados.

4.- ¿Qué tan comprensibles le parecieron las tareas que debía realizar?

5	4	3	2	1
Fue totalmente comprensible.	Fue muy comprensible.	Fue un poco comprensible.	Fue poco confuso.	Fue muy confuso.

5.- ¿Cuán sencillas eran las tareas a realizar?

APÉNDICE B. CUESTIONARIO POSTERIOR A LA PRUEBA.

5	4	3	2	1
Son totalmente sencillas.	Son muy sencillas.	Son medianamente sencillas.	Son un poco sencillas.	No son sencillas en absoluto.

6.- ¿Qué tanta satisfacción le causó realizar la prueba de esta manera?

5	4	3	2	1
Me gustó demasiado.	Me gustó un poco.	No me gustó ni me disgustó.	No me gustó poco.	No me gustó nada.

7.- ¿Considera que el tiempo de respuesta era adecuado?

5	4	3	2	1
Muy adecuado.	Adecuado.	Ni adecuado ni inadecuado.	Inadecuado.	Totalmente inadecuado.

8.- ¿La aplicación se comportó como esperaba?

5	4	3	2	1
Sí, totalmente.	La mayoría de las veces, sí.	A veces no.	Casi nunca.	Jamás.