

**DISEÑO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA TERAPIAS
BINOCULARES PASIVAS DE MOVIMIENTOS SACÁDICOS Y DE
SEGUIMIENTO**

DIEGO ALEXANDER CRUZ LAVERDE

BRIAN RICARDO PÁEZ BERNAL

DANIELA PULIDO MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE MEDICINA
PROGRAMA DE OPTOMETRÍA
BOGOTÁ D.C.**

2020

**DISEÑO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA TERAPIAS
BINOCULARES PASIVAS DE MOVIMIENTOS SACÁDICOS Y DE
SEGUIMIENTO**

DIEGO ALEXANDER CRUZ LAVERDE

BRIAN RICARDO PÁEZ BERNAL

DANIELA PULIDO MARTÍNEZ

Trabajo de grado para optar al título de Optómetra

DIRECTOR TEMÁTICO

VIVIANA BECERRA

**Optómetra, Maestría en Ciencias de la visión, Candidata a
Doctorado en Educación**

DIRECTOR METODOLÓGICO

DIANA GARCÍA LOZADA

Optómetra, Magíster en Epidemiología clínica

FANNY RIVERA

Optómetra, MBA con énfasis en mercadeo

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE MEDICINA

PROGRAMA DE OPTOMETRÍA

BOGOTÁ D.C.

2020

PÁGINA DE APROBACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO

Los suscritos jurados con base en los criterios científicos, metodológicos, éticos y después de haber revisado el documento denominado:

“Diseño de una aplicación móvil para terapias binoculares pasivas de movimientos sacádicos y de seguimiento”

Presentado como requisito de grado por los estudiantes:

Diego Alexander Cruz Laverde
Brian Ricardo Páez Bernal
Daniela Pulido Martínez

Para optar al título de:

OPTÓMETRA

Deciden asignar al documento presentado la calificación de:

APROBADO

Firmado en Bogotá D.C, el 27 del mes de Mayo de 2020

NOTA DE SALVEDAD DE RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL

La Universidad El Bosque no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a toda buena energía del universo por guiarnos siempre a ayudar a los demás con el conocimiento adquirido en nuestra carrera, por la cual podemos beneficiar a las personas que lo necesitan. También agradecemos a las diferentes docentes que han sido una gran ayuda para la realización de esta investigación, con su aporte y conocimiento, y por último agradecemos a nuestro ingeniero Edinson Mauricio Yosa el cual aportó su conocimiento en la creación de la aplicación.

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Pregunta general de investigación	14
1.2. Preguntas específicas	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. MARCO TEÓRICO	17
4.1. Desarrollo visual	17
4.1.1. Etapa motora.....	17
4.1.2. Etapa sensorial	17
4.1.3. Etapa perceptual	17
4.1.4. Etapa de estabilización sensorial	17
4.2. Movimientos sacádicos verticales.....	19
4.3. Terapia visual.....	21
4.4. Aplicaciones médicas por ordenador	23
4.4.1. SVI (Sanet Vision Integrator)	24
4.4.2. Coi Peri	24
4.4.3. Coi Test.....	24
4.4.4. Coi SV.....	24
4.4.5. Coi SV.....	24
4.4.6. Iristea Terapia Visual	25
4.5. Uso de tecnología en las terapias	25
4.6. Tratamiento binocular basado en la realidad virtual	25
4.7. Sistema operativo para móvil	26
4.8. Arquitectura de Android	26
5. METODOLOGÍA	27
5.1. Fase I.....	27
5.1.1. Tipo de estudio.....	27
5.1.2. Población.....	27
5.1.3. Muestra	27

5.1.3.1. <i>Tipo de muestra</i>	27
5.1.3.2. <i>Tamaño de la muestra</i>	27
5.1.4. Criterios de elegibilidad.....	27
5.1.4.1. <i>Criterios de inclusión</i>	27
5.1.4.2. <i>Criterios de exclusión</i>	27
5.1.5. Variables.....	28
5.1.6. Instrumentos para recolección de la información	31
5.1.7. Métodos para el control de calidad de los datos: control de sesgo y errores	32
5.1.8. Análisis de datos.....	32
5.1.9. Consideraciones éticas	32
5.2. Fase II.....	33
6. RESULTADOS	34
6.1. Fase I.....	34
6.1.1. Encuesta a profesionales.....	34
6.1.2. <i>Resultados de pacientes</i>	36
6.2. Fase II. Diseño de la aplicación.....	38
6.2.1. Diseño de la aplicación	38
6.2.1.1. <i>Modelamiento de la interfaz visual</i>	38
6.2.1.2. <i>Desarrollo de algoritmos</i>	38
6.2.1.3. <i>Uso de la aplicación</i>	40
7. DISCUSIÓN	42
8. CONCLUSIONES	44
9. BIBLIOGRAFIA	45
10. ANEXOS	48

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Nivel de percepción de importancia de la aplicación.</i>	34
<i>Figura 2. Condiciones en las que se emplean terapias de movimientos sacádicos y de seguimiento.</i>	35
<i>Figura 3. Escala de factibilidad de la aplicación móvil.</i>	35
<i>Figura 4. Factores principales por los cuales los pacientes no realizan las terapias en casa.</i>	36
<i>Figura 5. Factores que quisieran encontrar en la</i>	36
<i>Figura 6. Uso de aplicaciones móviles en los pacientes encuestados.</i>	37
<i>Figura 7. Factores principales que indican los pacientes por el cual no realizan terapias visuales fuera del consultorio.</i>	37
<i>Figura 8. Ilustración en bloques de la interacción de entes en el sistema de la aplicación.</i>	39
<i>Figura 9. Acceso a la aplicación.</i>	55
<i>Figura 10. Registro de usuario.</i>	56
<i>Figura 11. Componente Login con datos del usuario.</i>	57
<i>Figura 12. Página de inicio de la aplicación.</i>	59
<i>Figura 13. Inicio de la primera terapia.</i>	60
<i>Figura 14. Simulación de la primera terapia.</i>	61
<i>Figura 15. Inicio de la segunda terapia.</i>	62
<i>Figura 16. Simulación de la segunda terapia.</i>	62
<i>Figura 17. Avance de las terapias.</i>	63
<i>Figura 18. Instrucciones.</i>	64

LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Encuesta para optómetras que ejercen en ortóptica y terapia visual.....</i>	<i>48</i>
<i>Anexo 2. Encuesta para pacientes en terapia visual.....</i>	<i>52</i>
<i>Anexo 3. Diseño de la aplicación móvil.....</i>	<i>55</i>

RESUMEN

Objetivo: Diseñar una aplicación móvil para terapias visuales binoculares pasivas de movimientos sacádicos y de seguimiento

Metodología: Se realizó un estudio el cual consta de dos fases, la primera fase es un estudio cuantitativo de corte transversal. En la segunda fase se desarrolló una aplicación móvil para realizar terapias visuales binoculares pasivas de movimientos sacádicos y de seguimiento, para que los pacientes puedan realizar sus terapias por completo por fuera del consultorio y poder llevar un seguimiento de estos.

Resultados:

Fase I: El 66.7% de los optómetras consideran importante el uso de una aplicación móvil para terapias visuales fuera del consultorio y el 33.3% considera muy importante esta alternativa.

Fase II: El 83% de los optómetras observan escasez en el uso de alternativas móviles para realizar terapias visuales.

Conclusión: Las herramientas tecnológicas para el área de la salud visual estructuran y permiten un mejor seguimiento para las terapias visuales que deben realizar los pacientes, al igual que permiten una facilidad y una mejor interacción del paciente con el proceso que debe llevar en sus terapias.

PALABRAS CLAVES: Potenciales Evocados Visuales, Movimientos Sacádicos, Desempeño Psicomotor, Aplicaciones Móviles.

ABSTRACT

Objective: Design a mobile app for binocular visual therapies of saccadic and follow up movements.

Methodology: A study was carried out consisting of two phases, the first phase is a quantitative cross sectional study.

In the second phase, a mobile application was developed to perform binocular passive visual therapies of saccadic and follow up movements, so that patients can perform their therapies completely out of the office and be able to keep track of them.

Results:

Phase I: 66.7% of optometrists consider the use of a mobile application for visual therapies outside the office important and 33.3% consider this alternative very important.

Phase II: 83% of optometrists observe a shortage in the use of mobile alternatives to perform visual therapies.

Conclusion: The technological tools for the area of visual health structure and allow a better follow up for the visual therapies that patients must perform, as well as allow a facility and a better interaction of the patient with the process that must take in their therapies.

KEY WORDS: Evoked Potentials, Visual; Saccades, Psychomotor Performance, Mobile Applications.

INTRODUCCIÓN

Con la elaboración de este proyecto se busca sintetizar, integrar y presentar de manera interactiva, el uso de una aplicación móvil para elaborar y llevar un control de las terapias visuales pasivas a pacientes que presenten problemas de movimientos sacádicos y de seguimiento.

El beneficio de esta aplicación es poder brindar una ayuda tanto al paciente como al profesional en la salud visual llevando un control más práctico por parte del profesional y un modo más sencillo y práctico para realizar las terapias visuales por parte de los pacientes.

La utilidad de un dispositivo interactivo mejora la efectividad del proceso de enseñanza y aprendizaje porque utiliza varios canales para mostrar la información, igualmente favorece la motivación del lector y mantiene su atención.

Actualmente la tecnología juega un papel importante en la vida de las personas, ésta ha impuesto en las últimas décadas una nueva tendencia y nuevas maneras de comunicarnos, estar informados, facilitar el trabajo, etc., a través de diferentes herramientas como el internet, dispositivos chats, blogs, medios de comunicación entre otras.

Este proyecto busca utilizar esta herramienta de la tecnología como ayuda para el profesional en la salud visual contribuyendo en la vida de los pacientes que necesiten terapias visuales de movimientos sacádicos y de seguimiento de una manera práctica y didáctica.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La visión binocular constituye para el ser humano un medio necesario para el desarrollo óptimo de su naturaleza, este desarrollo consiste en la coordinación e integración de lo que reciben dos ojos por separado en una percepción binocular única. El funcionamiento adecuado de la visión binocular sin síntomas depende de factores que se pueden dividir en: la anatomía de aparato visual, el sistema motor que coordina los movimientos de los ojos y el sistema sensorial a través del cual el cerebro recibe e integra las dos percepciones monoculares (1). En dado caso que se presente algún tipo de disfunción de alteración de la visión binocular requerirá el apoyo de un profesional de la salud visual.

Dado que el profesional de la salud visual, y de acuerdo con la normativa vigente en Colombia (Decreto 0825 de 1954 y ley 372 de 1997), las cuales regulan el campo de acción de dicho profesional, como por ejemplo la práctica de ejercicios ortópticos con el fin de lograr la eficiencia visual y la salud ocular de los pacientes (2), influyendo de manera positiva en la calidad de vida de las personas.

El estudio de la Universidad de la Salle “Diagnóstico de movimientos oculomotores realizado a niños de siete a nueve años que presentan problemas de lectura y bajo rendimiento escolar en el Colegio San Bernardo De La Salle De Bogotá” realizado en 430 niños, mostró que el 35.12% presentaron disfunción de movimientos sacádicos y de seguimiento (3). Otro estudio del Centro de Optometría Internacional llamado “Bases optométricas para una lectura eficaz” muestra la relación que hay entre el sistema oculomotor y el aprendizaje como fundamento para un óptimo funcionamiento del proceso educativo de cualquier persona, mencionando la importancia del tratamiento de los movimientos sacádicos y de seguimiento para que esto suceda (4). Por otro lado un estudio de la Universidad Nacional de Colombia llamado “Caracterización de los movimientos oculares en la Enfermedad de Alzheimer en una muestra colombiana” demostró que hay relación entre los movimientos sacádicos anormales con la enfermedad de Alzheimer, teniendo ésta una relación especial de los movimientos con la memoria de las personas (5).

En el proceso de hacer la terapia visual para movimientos sacádicos y de seguimiento actualmente se requieren nuevas alternativas para poder realizar las terapias completas y correctamente. Ya que las terapias visuales que deben ser realizadas en casa no se

cumplen en su totalidad en los pacientes por diferentes factores afectando la efectividad en los tratamientos o terapias puestos por los profesionales.

Existen diversas herramientas para realizar terapias interactivas, pero estas alternativas son herramientas web, es decir, se necesita de un computador para poder realizarlas y con este no se tiene la facilidad para poder trasladarlo a diferentes lugares. Por lo tanto, al tener una aplicación en un dispositivo móvil facilita la realización de las terapias visuales que los pacientes necesitan de forma efectiva.

Estas aplicaciones o ayudas son cada vez más aceptadas en el gremio optométrico siendo las mismas un pilar fundamental para la manera en que se tratan las diversas disfunciones visuales (6).

1.1 Pregunta general de investigación

¿Cómo diseñar una herramienta que permita tratar problemas binoculares de movimientos sacádicos y de seguimiento de una manera interactiva?

1.2. Preguntas específicas

¿Cuál es la opinión de los optómetras encargados de la terapia visual sobre la necesidad del desarrollo de una herramienta móvil para llevar seguimiento de las terapias pasivas de movimientos sacádicos y de seguimiento en sus pacientes?

¿Cuál es la opinión de los pacientes que han realizado terapias visuales sobre el desarrollo de una herramienta móvil para llevar seguimiento de sus terapias fuera del consultorio?

¿Cuál debe ser el contenido de la herramienta para realizar terapias pasivas enfocadas en movimientos sacádicos y de seguimiento realizando terapias binoculares?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Diseñar una aplicación móvil con el fin de tratar problemas de movimientos sacádicos y de seguimiento binocularmente de una manera interactiva.

2.2. Objetivos específicos

Conocer la opinión de los optómetras encargados de realizar terapia visual sobre la necesidad del desarrollo de una herramienta móvil para llevar un seguimiento de las terapias pasivas de movimientos sacádicos y de seguimiento en sus pacientes.

Conocer la opinión de los pacientes que han realizado terapias visuales sobre el desarrollo de una herramienta móvil para llevar seguimiento de sus terapias fuera del consultorio.

Describir el contenido de la herramienta para realizar terapias pasivas enfocadas en los movimientos sacádicos y de seguimiento de los pacientes realizando terapias binoculares.

3. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de una aplicación surge como una respuesta a los medios de tecnología actuales los cuales están involucrados en un desarrollo global que cada día cubre y hace parte de la vida cotidiana humana.

Existen problemas del funcionamiento visual que no se solucionan completamente con cirugías, fármacos, gafas y/o lentes de contacto, sino que requieren la realización de una terapia o entrenamiento visual. La terapia visual constituye un servicio que quizás al no estar muy generalizado en las ópticas de Colombia puede ser interesante de ofrecer, no sólo para marcar la diferencia en cuanto a los servicios de optometría sino además para ayudar un público muy específico, ya que es un área que requiere una mayor experticia del profesional que realiza terapias visuales.

Las terapias visuales en la última década han estado en constante desarrollo junto con la tecnología y existen diferentes plataformas digitales que permiten el desarrollo de las terapias visuales de manera virtual.

Un estudio del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) sobre las preferencias digitales en Colombia “tech tracker”, que se realizó en las principales ciudades de país con más de 200.000 habitantes a más de 1.005 personas, dio como resultado que el total de las personas con teléfonos móviles para el año 2012 fue de 42% y en los estratos 1 y 2 incrementaron en un 17% el uso de plataformas y dispositivos digitales (7).

Debido a la demanda tecnológica mencionada anteriormente, el fin de la aplicación es poder realizar un seguimiento adecuado de las terapias pasivas de los pacientes dando una alternativa efectiva y didáctica desde cualquier lugar que el paciente desee ya que los programadores de terapias para movimientos sacádicos y de seguimientos están diseñados para computadores, los cuales no son muy efectivos a la hora de portar todo el tiempo.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Desarrollo visual

El desarrollo normal de la visión es un proceso gradual que inicia desde el nacimiento y alcanza su plenitud alrededor de los 5 años de edad, la evolución se puede dividir en cuatro etapas:

4.1.1. *Etapa motora*

Esta etapa va desde el nacimiento hasta el mes de edad. Al nacer la mácula muestra un retardo en el desarrollo en comparación al resto de la retina, su evolución definitiva termina hasta el cuarto mes, en el momento en que se abren los ojos después de unos días de nacido se evidencian movimientos descoordinados, el reflejo foveal de fijación se hace presente a partir de la tercera semana (8).

4.1.2. *Etapa sensorial*

Esta etapa va desde el primer mes hasta el sexto mes. Finalizando el primer mes la excitación luminosa del ojo pone en marcha el reflejo foveal de fijación es decir que la mirada se dirige hacia la luz y se empiezan a evidenciar movimientos sinérgicos que aseguran la adecuada fijación del estímulo luminoso (8).

4.1.3. *Etapa perceptual*

Esta etapa va desde el sexto mes hasta los 4 años de edad. A partir del sexto mes el aparato visual deja de responder a estímulos motrices y sensoriales primitivos. La percepción, la fijación y los movimientos de cabeza se hacen cada vez más firmes y coordinados. En esta etapa aparece la sinergia ojo-mano que es de gran importancia en el desarrollo sensorial y psíquico del niño. También empiezan a manifestarse mecanismos de visión cercana; en especial, la sinergia de acomodación convergencia, reflejos de fusión y la visión estereoscópica (8).

4.1.4. *Etapa de estabilización sensorial*

Esta etapa va desde los 4 a 8 años de edad. Todos los mecanismos de visión binocular están presentes en esta etapa, hasta los 8 años se alcanza la estabilización definitiva (8).

Dado que la mirada central de este proyecto estará puesta en la construcción de una herramienta web para la aplicación de terapias por medio de una aplicación es importante

tener claro el tipo de problema que se debe tratar, para esto será necesario plantear algunos parámetros que sirvan de ejes conceptuales sobre los que se pueda apoyar la teoría para alimentar el proyecto de investigación.

Las estructuras cerebrales necesarias para la función visual monocular y binocular están presentes en el recién nacido. La evolución adecuada para obtener estereopsis ocurre en los siguientes meses de vida bajo estímulos ambientales correctos. La falla en estos con interrupción en el desarrollo de la interacción binocular impedirá la evolución de la estereopsis, sustrato importante de información cerebral requerida para la maduración posterior de otras funciones cerebrales, como las propioceptivas, las habilidades visomotoras, las funciones prensiles ojo-mano, la lectura, la escritura, etc. que a su vez, formarán el sustrato para el aprendizaje, la memoria y el desarrollo de la personalidad (9).

Para empezar, se entiende el concepto de visión binocular como la capacidad de integrar las imágenes procedentes de los dos ojos en el cerebro gracias a la adecuada coordinación y correcto alineamiento de los ojos sobre el objeto del que se está fijando, obteniendo la visión en tres dimensiones. Dentro de la binocularidad se valora la convergencia, la divergencia, el estrabismo (10).

La convergencia es la posición relativa de los ejes visuales cuando se cruzan en un punto próximo de fijación; también representa el movimiento de los ejes al modificar la fijación desde un punto determinado a otro más próximo. Esta se produce como un acto reflejo para mantener la visión binocular normal, siendo este uno de los problemas más frecuentes de la visión binocular se ha definido como la inhabilidad para obtener o mantener una convergencia adecuada sin esfuerzo. Respecto a su tratamiento se ha llegado a la conclusión de que aún no existe un tratamiento definitivo para tratar a los pacientes con insuficiencia de convergencia. Los procedimientos no quirúrgicos son los más utilizados por oftalmólogos y optómetras; rara vez se practican las operaciones debido a su carácter invasivo y sus complicaciones potenciales (11). Las disfunciones no estrábicas de la visión binocular son un conjunto de alteraciones visuales que afectan el estado binocular de las personas e interfieren en el desempeño eficiente de ciertas actividades, como leer o trabajar en el computador, o en labores que requieren una mayor demanda de visión cercana, la clasificación más utilizada para las disfunciones de las vergencias es la propuesta por Wick, basada en la consideración de la foria, según la distancia (vergencia tónica) y la relación acomodación convergencia acomodativa; así, se compone de los problemas de la visión binocular de esta, como la insuficiencia de

convergencia y la insuficiencia de divergencia; para las alteraciones acomodativas, la más utilizada es la clasificación de Donders, que incluye la insuficiencia acomodativa, el exceso acomodativo y la inflexibilidad acomodativa (12).

Los movimientos sacádicos o también denominados como de refijación hacen referencia a el desplazamiento rápido de los ojos entre dos puntos de fijación, pueden ser ejecutados voluntariamente y autoinducidos, o en respuesta a estímulos visuales. La mayoría de estos movimientos se realizan para desplazar la mirada desde un punto de interés a otro situado fuera del campo de visión central (13).

Para realizar los movimientos sacádicos es necesario que entre en función el cerebro ya que se encarga de activar y relajar los músculos de manera coordinada y precisa dirigiendo la mirada en una dirección y velocidad apropiada, todo esto gracias al trabajo neuronal.

Movimientos sacádicos horizontales: las neuronas dentro del bulbo raquídeo transmiten una orden premotora que permiten activar el recto externo ipsilateral. Las interneuronas de este núcleo permiten que haya comunicación con el agonista del otro ojo, el recto interno, mediante el fascículo longitudinal medial, facilitando el movimiento de ambos ojos en la misma dirección (14).

4.2. Movimientos sacádicos verticales

Estos movimientos tienen un punto de control diferente a los movimientos sacádicos horizontales, su punto de partida se da en las neuronas premotoras del mesencéfalo.

Las neuronas de activación rápida del núcleo intersticial rostral del fascículo longitudinal medial originan los movimientos sacádicos verticales. Las neuronas de activación rápida más caudales activan la elevación de forma bilateral, generando señales para el recto superior y el oblicuo inferior, mientras que las neuronas de activación rápida más rostrales activan el descenso generan señales para el recto inferior y el oblicuo superior (14).

Según Lewis (1995) se puede plantear la hipótesis de que el control fino de la coordinación de la sacada binocular se basa en una relación eficiente entre el comando motor de las sacadas y los subsistemas de vergencia a nivel pre motor; se necesita un comando de convergencia correcto, estrictamente relacionado con el comando sacádico para la fusión apropiada de las dos imágenes de la retina; es por esto que sería

interesante ver si con la realización de terapias por medio de una aplicación web y el entrenamiento de la vergencia mejoraría la calidad de la coordinación sacádica.

De esta manera concluyen en su estudio que el déficit en el comportamiento motor ocular reportados en niños disléxicos parecen estar asociados en la interacción precisa y controlada entre la sacada y los sistemas de vergencia (15).

Los importantes movimientos oculares en la visión intraocular son desarrollados por Otero y Millan en 2014, en donde repasan los últimos 50 años de investigación sobre la coordinación binocular de cada tipo de movimiento ocular y como las patologías de los impactos de la visión binocular afectan dicha coordinación.

El papel de las neuronas pre-frontales es revisado por Funahashi (2014) donde describe las actividades pre-sacádicas y pos-sacádicas de la neurona pre-frontal y ofrece perspectivas sobre los procesos de control de atención, como actualización de la memoria de trabajo y control del rendimiento.

Dentro de la revisión de la literatura los autores muestran el impacto de patologías visuales como la ambliopía sobre el comportamiento sacádico, utilizando una tarea sacádica retardada donde muestran que el ojo ambliope es más lento que el ojo no ambliope (16).

Por otra parte, Díaz, Bernal y Camacho, estudiaron el efecto que tienen las nuevas tecnologías como los dispositivos electrónicos sobre el sistema visual. Dentro de su revisión se estudió, el uso de tecnologías como tabletas, videojuegos, consolas y teléfonos inteligentes y el efecto que estos dispositivos tienen sobre la salud visual no provocan daño visual directo pero sí incomodidad por fatiga visual si no se toman medidas de protección recomendadas como el manejo de la distancia o la iluminación (17).

El uso prolongado de estos dispositivos hace que el sistema visual presente más fatiga, debido a factores como la iluminación, el tamaño de la letra que se usa en los dispositivos electrónicos, el tiempo de duración que el usuario hace uso de estas tecnologías influyen significativamente en el deterioro del sistema visual.

Un estudio realizado en el Departamento de Oftalmología de la Universidad de Medicina de Seúl en el 2013 evaluó la agudeza visual estereoscópica, el malestar sistémico y la fatiga visual, no se presentó un resultado significativo en cuanto a la fatiga visual pero si en la percepción de imágenes en 3D, esta se encontraba disminuida y los pacientes con problemas de visión binocular presentaban mayor cefalea y molestia visual. En este

estudio también se hace referencia en cuanto al concepto de zona de visión binocular nítida y haplópica, la cual no es más que la unión de la vergencia y el estímulo focal con la cual el paciente puede ver claramente mientras mantiene la fusión binocular (15).

Es de vital importancia conocer el origen de los problemas de visión, la fisiopatología para permitir realizar una buena terapia o tratamiento, a continuación, se describirán brevemente algunos tratamientos para los movimientos sacádicos.

4.3. Terapia visual

La asociación catalana de optometría y terapia visual apoya con un artículo interesante donde describe el punto de vista neurológico de la evaluación y el tratamiento de los movimientos sacádicos oculares, facilitando algunos ejercicios para una correcta integración y estimulación de los movimientos sacádicos oculares(18):

- Terapia de Movimiento Rítmico (TMR), equilibrio (ojos cerrados y abiertos).
- Ejercicios de conciencia corporal, psicomotricidad, integración hemisférica (cuerpo calloso) y ejercicios de integración bilateral.
- Ejercicios de visión periférica.
- Ejercicios de estimulación del sistema vestibular: Rotaciones de cabeza + movimientos oculares, rotaciones corporales + movimientos oculares, visión dinámica.
- Entrenamiento de los sacádicos oculares.

Antes de realizar estos ejercicios el profesional de optometría se puede apoyar en la aplicación del test de DEM (Developmental Eye Movement); El test valora la capacidad de los movimientos sacádicos a través de una lectura vertical de 80 números (separado por 2 partes) y una lectura horizontal de 80 números dispuestos en 16 filas (14).

Con el paso de los años y la evolución de los seres humanos, la necesidad del uso de nuevas tecnologías han aumentado, en la actualidad es muy común observar a las personas de todas las edades haciendo uso de un dispositivo móvil o electrónico bien sea para trabajar, estar comunicado o simplemente divertirse, con ellos han aumentado también los problemas de visión en los diferentes usuarios es por esto que se ha convertido en una necesidad desarrollar técnicas que permitan llevar a la mano de las personas las terapias visuales para mejorar su estado de salud visual (7).

En la corrección de algunos problemas motores se ofrece la alternativa de terapia visual, la cual es definida como la técnica de tratamiento neurofisiológico que corrige mediante la

realización de ejercicios alteraciones oculomotores, que en la mayor medida posible tratan de adaptarse a las necesidades del paciente. Esta personalización permite que las personas que eligen este medio para la mejora de sus disfunciones consigan desarrollar y mejorar sus habilidades visuales (6).

El instituto de microcirugía ocular refiere que la terapia ocular debe realizarse como mínimo 20 minutos diarios y debe hacerse de forma repetitiva; el optómetra estadounidense Robert Sanet diseñó un sistema pionero para, a través de una pantalla táctil de 50 pulgadas, mejorar los seguimientos oculares, el tiempo de reacción visual y de reconocimiento, la velocidad y la sensibilidad al contraste, además de la memoria o la secuenciación visual auditiva, entre otras habilidades(6). La terapia visual se divide en:

- Terapia visual pasiva. Tratará de corregir las debilidades oculares mediante el uso de lentes o bien recurriendo al uso de cirugía.
- Terapia visual activa: Encaminada a mejorar el rendimiento visual en la persona media la realización de unos ejercicios concretos controlados (6).

La plasticidad cerebral es una capacidad de reconexión o modificación neuronal fisiológica como respuesta a cambios en el medio. La plasticidad puede tener distintas causas y propósitos. A la vez, se podrían considerar varios tipos de plasticidad, como la sináptica, la homeostática y la estructural, Goñi Boza en un estudio realizado en 2015 habla sobre la importancia de la plasticidad neuronal, ya que contribuye en el aprendizaje por medio de la repetición haciendo uso de las neuronas espejo audiovisuales, respondiendo a estímulos específicos que se activan al ver realizar una acción y realizarla (6).

Es por esto que se ha desarrollado en diferentes estudios el uso de terapias activas teniendo como objetivo conseguir que la persona sea capaz de crear el hábito de adaptación de los estímulos visuales para que el ojo y el cerebro sepan actuar diferente frente a las exigencias del entorno, una vez se haya finalizado con la terapia (6).

La terapia visual está íntimamente ligada con el aprendizaje y este a su vez va de la mano del entrenamiento que se realiza durante las consultas como medidas correctivas de diferentes problemas visuales, queriendo ser llevada a las casas, trabajos, colegios al alcance de los pacientes facilitándoles la realización de las mismas por medio de aplicaciones que puedan ser instaladas en dispositivos electrónicos y ser desarrolladas en tiempos libres y ser más accesibles a la comunidad (8).

La atención, la motivación y la memoria continuamente modulan y alteran representaciones de estímulos en la corteza visual como mecanismo para el aprendizaje (19), ayudando a la generación de aprendizaje viso perceptual. El aprendizaje mediante la visión y la percepción se define como una manifestación encaminada hacia mejorar los procesos visuales mediante un posterior entrenamiento de tareas visuales que en combinación con la percepción visual dan como resultado un aprendizaje en la comprensión general. Esta es considerada una forma de flexibilidad neuronal de la corteza visual (20).

Los optómetras en Colombia tienen un campo de acción por explorar que amplíe los horizontes y perspectivas en el entrenamiento visual relacionado con el aprendizaje, para realmente brindar una atención integral a la población infantil (16).

La utilización de nuevas tecnologías es, precisamente, una de las grandes apuestas del instituto de microcirugía ocular IMO, centro de referencia en innovación y progreso al servicio de la salud ocular que, con esta nueva área de Terapia Visual, incorpora un servicio no médico destinado a estimular la visión y su coordinación con el resto de los sentidos.

Se debe plantear los ejercicios como un juego para hacer de esta terapia algo más dinámica y al alcance de todos, haciendo uso de su Smartphone, con una constancia de tres meses para los problemas funcionales y medio año para los perceptuales, según la evolución de cada caso (21).

4.4. Aplicaciones médicas por ordenador

La gran acogida del desarrollo y uso de aplicaciones móviles y software por parte de los profesionales de la salud han hecho que aumente la demanda de estas aplicaciones y creado la necesidad de darle cercanía de estas a los usuarios, facilitando tanto a los usuarios como a los profesionales en el área la consulta y terapia.

Se controla online por el profesional y utiliza gafas rojo-azules. Las principales características de las cuales presume este software son las siguientes:

Permite al usuario, de total control sobre su aprendizaje, dotando al programa de dos modos de funcionamiento: modo automático, el programa será el encargado de guiar al paciente a través de distintos niveles y el modo manual, con el cual el usuario será capaz

de crear de forma personalizada su propia terapia. Todos los ejercicios que se plantean han sido previamente testados por profesionales.

Posee además de una serie de video tutoriales, que permiten al paciente conocer en todo momento el funcionamiento del programa.

El software ha sido desarrollado por una empresa privada americana. Toda la información del producto viene recogida en su web (22).

4.4.1. SVI (Sanet Vision Integrator)

Es la herramienta más usada por medio de una pantalla táctil, el usuario es capaz de interactuar con el sistema, ya que el sistema es capaz de reconocer instrucciones verbales. De esta manera se mejora la integración auditiva, visual y la memoria (23), esta versión es usada para mejorar los movimientos sacádicos.

4.4.2. Coi Peri

Especializado en campimetría y perimetría funcional al color. Permite medir los campos visuales funcionales en condiciones estáticas y dinámicas. Permite detectar fallos como las pérdidas de fijación (18).

4.4.3. Coi Test

Especializado en visión binocular. Ha sido diseñado para realizar test visuales rápidos, fundamentalmente colegios, consultas médicas, etc. Tan solo se requiere de un ordenador con una pantalla mayor de 17" (18).

4.4.4. Coi SV

Enfocado a la práctica deportiva. Testea principalmente aspectos como la coordinación ojo-mano, tiempo mínimo perceptual, atención central-periférica, contraste y visualización. Requiere de un ordenador de pantalla superior a 17". Puede crear programas de forma automática o bien permite al usuario personalizar la terapia (18).

4.4.5. Coi SV

Especializado en el diagnóstico y tratamiento de las afecciones visuales. Aplicación de la terapia visual. Realiza diagnósticos de estrabismos, ambliopías, problemas de aprendizaje, memorial visual y relaciones espacio-tiempo.

Desarrollo de aplicaciones 3D para terapia visual en estereopsis (6).

4.4.6. *Iristea Terapia Visual*

Este software ha sido desarrollado por la empresa Leonesa Proconsi, el cual, está enfocado en el tratamiento de patologías visuales como el ojo vago, el déficit de lectura y el estrabismo (18).

4.5. Uso de tecnología en las terapias

Algunos médicos defienden el uso de terapia visual para la solución de problemas visuales como también hay otros que se cuestionan acerca de su uso ya que creen que solamente con la intervención quirúrgica se pueden solucionar ciertas patologías (24).

Parte de los estudios que lo defienden hace referencia a que su práctica de forma continua puede modificar ciertos patrones en la plasticidad neuronal (24).

4.6. Tratamiento binocular basado en la realidad virtual

La característica principal de este nuevo enfoque es la utilización de ambos ojos con el objetivo de promover la visión binocular. Su implementación ha sido posible mediante la exposición del paciente a condiciones artificiales de visión, con estímulos dicópticos en imágenes relacionadas. Dos estrategias generales se describen en la literatura consultada: tratamiento binocular interactivo y tratamiento anti supresión; el primero con el objetivo primario de mejorar la agudeza visual y el segundo con el propósito de mejorar las funciones binoculares a partir de la reducción de la supresión. Para aplicar este enfoque binocular, mayoritariamente se han utilizado vídeos clips y videojuegos, por sus potencialidades en actividades de rehabilitación visual y la posibilidad que brindan estos últimos para desarrollar tratamientos activos. Es muy fácil incluir nuevas aplicaciones a estos sistemas, de forma tal que se puedan ajustar a las habilidades e intereses de los usuarios. Tanto los vídeos clip como los videojuegos pueden, además de las funciones visuales, desarrollar capacidades y habilidades cognitivas en los niños acorde a los grupos de edades. Todo esto garantiza lograr altos niveles de aceptación del tratamiento (25).

De esta manera se infiere que es posible estimular aún más la visión binocular si se descomponen los elementos, de forma tal que solo una parte de estos se presente a cada ojo, pues también sería obligatorio que ambos ojos cooperaran para ver completamente elementos independientes del videojuego. En una variante del videojuego Tetris, se aplica esta estrategia dividiendo los bloques que caen en tres partes: una sección visible para el

ojo ambliope, otra sección visible para el ojo fijador y la sección del medio visible para ambos ojos (23).

4.7. Sistema operativo para móvil

El sistema operativo (SO) móvil para un teléfono permite la interacción real con lo que se puede hacer partiendo de las capacidades del hardware que conforman un equipo. La plataforma interpreta lo que el usuario desee que la terminal realice ejecutándolo con mayor inteligencia, una cualidad que se destaca en este sistema operativo móvil es su rapidez (26).

Con el crecimiento de la tecnología móvil y su popularidad, los sistemas operativos con los que funcionan son de vital importancia. En el 2014 la cuota de mercado era el siguiente:

- Android: 84.7%
- iOS: 11.7%
- Windows Phone: 2.5%
- BlackBerry Os: 0.5%
- Otros: 0.6% (27).

Android presenta una mayor cuota desde enero de 2011 con más de la mitad del mercado y presenta un creciente aumento al pasar de los años.

4.8. Arquitectura de Android

Para empezar con el desarrollo de una aplicación en sistema Android se debe conocer la estructura de este sistema operativo. La arquitectura del Android está formado por distintos niveles los cuales facilitan el desarrollo de aplicaciones debido a que permite trabajar con capas inferiores por medio de librerías permitiendo evitando así programar a bajo nivel y lograr que los componentes de hardware del dispositivo móvil interactúen con la aplicación.

5. METODOLOGÍA

El estudio tuvo dos fases, con una metodología diferente en cada fase.

5.1. Fase I

Encuesta a profesionales de la salud visual y pacientes.

5.1.1. Tipo de estudio

Cuantitativo observacional, de corte transversal descriptivo.

5.1.2. Población

-Profesionales en el área de optometría que realizan terapias visuales en las ópticas de la calle 19 ubicada en Bogotá.

-Pacientes a los cuales se les realizo terapias visuales en los consultorios de optometría de la Universidad El Bosque.

5.1.3. Muestra

5.1.3.1. Tipo de muestra

No probabilístico por conveniencia tanto para los profesionales como para los pacientes.

5.1.3.2. Tamaño de la muestra

-Profesionales: De 60 ópticas ubicadas en el sector de la calle 19, 13 optometras realizan terapias.

-Pacientes: 11 pacientes que asistieron a terapias visuales en la Universidad El Bosque.

5.1.4. Criterios de elegibilidad

5.1.4.1. Criterios de inclusión

-Profesionales: Optómetras que realicen terapias visuales que tengan un teléfono celular con sistema operativo Android

-Pacientes: Aquellos que requieran terapias visuales por cualquier diagnóstico.

5.1.4.2. Criterios de exclusión

-Profesionales: Profesionales que no tengan interés en la aplicación.

-Pacientes: Menores de 15 años.

5.1.5. Variables

Las variables que se presentan a continuación, se dividieron en dos grupos, el primero hace referencia a los profesionales en la salud visual y el segundo grupo a los pacientes que fueron encuestados.

VARIABLES DEL PROFESIONAL

VARIABLE DE PROFESIONAL	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	CLASIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
SEXO	Variable biológica que diferencia a los seres humanos	El dato se toma del documento de identificación	Cuantitativa Nominal Dicotómica	Femenino Masculino
APLICACIÓN MÓVIL	Una aplicación móvil es un software que se puede descargar o instalar y ejecutar en un dispositivo. Permite realizar cualquier actividad en cualquier lugar	El software realizado es para terapias visuales y se construirá a partir de la guía de profesionales y pacientes que lo usarán	Nominal, dicotómica	Si No
CONOCIMIENTO DE ORTOPTISTAS	Es un término de creencias, verdad y justificar de un hecho	Conocimiento que tiene el ortoptista para establecer la terapia adecuada	Cualitativa	Profesionales con experiencia previa a pacientes de ortóptica

SEGUIMIENTO DE TERAPIAS	Es un procedimiento que ofrece información sobre los pacientes	Seguimiento que lleva el profesional en las terapias	Cuantitativo	Sí No
FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN LA	Es la relación entre efectividad y el esfuerzo o los recursos empleados para lograr esta. Indicadores de eficiencia incluyen el tiempo de finalización de tareas y tiempo de aprendizaje	Es el grado con que el usuario se siente satisfecho, con actitudes positivas, al utilizar la aplicación para alcanzar objetivos específicos	Nominal, dicotómica	Escala de factibilidad de la aplicación

VARIABLES DE PACIENTES ENCUESTADOS

VARIABLE DE PACIENTES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	CLASIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
SEXO	Variable biológica que diferencia a los seres humanos	El dato se toma del documento de identificación	Cuantitativa Nominal Dicotómica	Femenino Masculino
APLICACIÓN MÓVIL	Una aplicación móvil es un software que se puede descargar o instalar y ejecutar en un dispositivo. Permite realizar cualquier actividad en cualquier lugar	El software realizado es para terapias visuales y se construye a partir de la guía de profesionales y pacientes para los cuales se usara	Nominal, dicotómica	Si No
TERAPIA VISUAL	Entrenamiento visual o rehabilitación visual es un tratamiento optométrico, totalmente individualizado, que tiene como objetivo potenciar y corregir los problemas del	El profesional prepara un programa personalizado o de ejercicios orientados a desarrollar e incrementar al máximo las habilidades visuales	Cualitativo	Si No

	sistema visual			
AYUDAS TECNOLÓGICAS	Son los productos fabricados específicamente cuya función es la de permitir o facilitar la realización de determinadas acciones mediante un dispositivo (computador, Tablet, celular etc...)	Son herramientas creadas para conseguir, no solo un ahorro de energía, sino también, la posibilidad de realizar acciones que de otra forma serían imposibles o difíciles.	Cuantitativa Nominal	Nada dispuesto Poco dispuesto Dispuesto Muy dispuesto

5.1.6. Instrumentos para recolección de la información

Fase I

Se realizó una encuesta para poder tener en cuenta la opinión sobre la importancia de esta aplicación móvil y los beneficios. La aplicación móvil tiene como funcionalidad tratar problemas de movimientos sacádicos y de seguimiento, los cuales fueron avalados por ortoptista u optómetras encargados de realizar terapias visuales.

Las preguntas fueron diseñadas por los investigadores. Las encuestas iniciales fueron sometidas a validación por dos expertos, optómetras docentes del programa de Optometría de la Universidad El Bosque, cuyas sugerencias fueron tenidas en cuenta para modificar el cuestionario y mejorar su validez. Posteriormente se hizo una prueba piloto, aplicando la encuesta a dos profesionales y tres pacientes seleccionados por conveniencia, quienes aportaron comentarios para hacerla más clara, mejorando por tanto la confiabilidad. Su administración fue dada en forma individual y con aproximadamente 5 minutos para responderla como se puede observar en el Anexo 1y 2.

5.1.7. Métodos para el control de calidad de los datos: control de sesgo y errores

Se les hizo saber a las personas encuestadas que la información que suministraron fue tratada de forma confidencial y anónima, con el fin de minimizar el sesgo de medición por lo que los sujetos son muy reacios a dar respuestas socialmente inaceptables, por temor a ser juzgados. El muestreo no probabilístico no permite evitar el sesgo de selección por lo que no hay representatividad.

El sesgo de medición se redujo con la prueba piloto de la encuesta con el propósito de evaluar la pertinencia y la claridad de cada pregunta.

5.1.8. Análisis de datos

Se realizó un análisis univariado con medidas de tendencia central y dispersión acordes al tipo de distribución de cada variable cuantitativa. Se hizo análisis de frecuencias absolutas y relativas para variables cualitativas y se presenta mediante tablas y gráficos.

5.1.9. Consideraciones éticas

Según la resolución 8430 de 1993 capítulo 1 artículo 11, el tipo de investigación que se realizó es sin riesgo debido a que se creó una aplicación móvil beneficiando tanto pacientes como a profesionales y que no se van a implementar procedimientos que afecten de manera física o psicológica a un ser vivo.

El capítulo 3 del artículo 60 de la resolución anteriormente mencionada, indica que el tipo de investigación es sobre la creación de nuevos recursos, ya que se hará una aplicación para la innovación de la tecnología que aportará una ayuda y un debido seguimiento de las terapias binoculares de ortóptica que el paciente deberá realizar de manera pasiva usándola de la manera que le indique el especialista en terapias visuales.

Para la realización de la encuesta se realizó un consentimiento informado con el fin de validar la importancia de la creación de la aplicación móvil y en la cual se mantuvo la plena confidencialidad de la información de cada especialista en terapias visuales, los cuales conocieron los principios éticos básicos que se tuvieron en cuenta según la citada resolución al igual que los investigadores.

5.2. Fase II

Creación de la aplicación móvil

La aplicación requirió de un segmento inicial para realizar la delimitación de la funcionalidad, para ello se identificaron los objetivos de los dos juegos. Ambos buscan generar movimientos en patrones específicos del ojo como forma de terapia de recuperación visual, para ello se definió la digitalización del principio de las “cartas de Hart” como primera terapia y el segundo es “Arkanoid”, existen algunos aspectos técnicos a cumplir para cada juego y otros generales que serán descritos a continuación.

Para las cartas de Hart, el objetivo fue generar un tablero cuyos espacios se llenan de forma aleatoria con un listado de caracteres definido. La identificación de filas y columnas es a partir de una letra y un número que también deberá estar dado de forma aleatoria. El contador de puntos indica cuantas veces acertó y cuantas falló.

Para Arkanoid el movimiento de los elementos que interactúan tiene el mismo comportamiento a la versión clásica, deberá aumentar la velocidad de movimiento de la pelota y la forma de llenado del tablero de manera aleatoria.

Como funciones generales se definió que el tamaño del tablero de juego no debe cambiar durante el juego, que se deben asignar unos tiempos de juego que cambien de un día a otro pero que se encuentren en un rango mínimo y máximo, también se definió que debe existir un control de distancia entre usuario y pantalla. Cada persona debería estar en capacidad de crear un usuario y guardarlo y de visualizar su historial de intentos.

6. RESULTADOS

6.1. Fase I

6.1.1. Encuesta a profesionales

La encuesta realizada a los profesionales sobre la percepción de una herramienta móvil para la realización de terapias binoculares de movimientos sacádicos y de seguimiento fue aplicada a 12 profesionales que laboraban en la zona de la calle 19 en la ciudad de Bogotá los cuales correspondían a edades entre 22 y 40 años con una media de 31 años y desviación estándar de 9 años; El 83.3% de la población en la que se realizó la encuesta era del sexo femenino y el 17% del sexo masculino, en el cual el 100% de la población tiene conocimiento de qué es una aplicación móvil.

Se evidencio que el 66.7% de la población considera importante el uso de una aplicación móvil para realizar terapias fuera del consultorio a diferencia del 33.3% que considera muy importante esta alternativa como se observa en la gráfica 1.

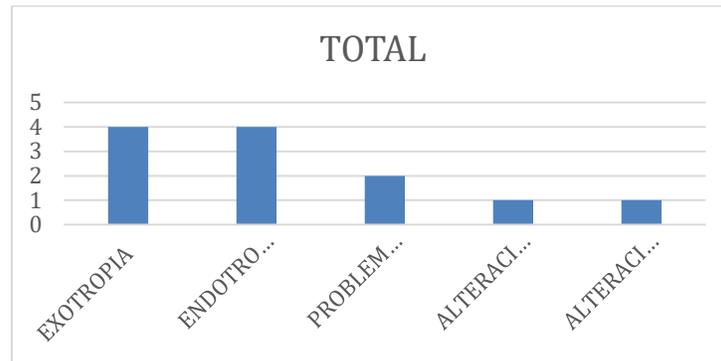
Figura 1. Nivel de percepción de importancia de la aplicación.



En las encuestas realizadas en población se observa una escasez en el uso de alternativas móviles para terapias visuales en un 83% de los encuestados; las diferentes condiciones visuales en las que se emplean las terapias para movimientos sacádicos y de seguimiento, el 33.3% de los pacientes realizan estas terapias por exotropía, el 33.3%

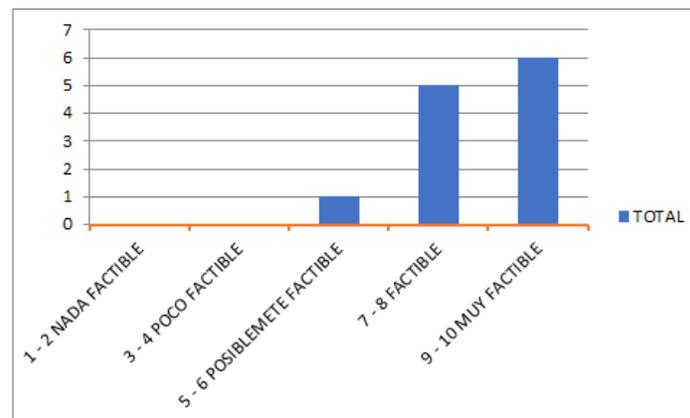
endotropía, el 8.3% problemas de acomodación, el 8.3 % alteración de sacádicos y el 8.3% alteración de movimientos oculares como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Condiciones en las que se emplean terapias de movimientos sacádicos y de seguimiento.



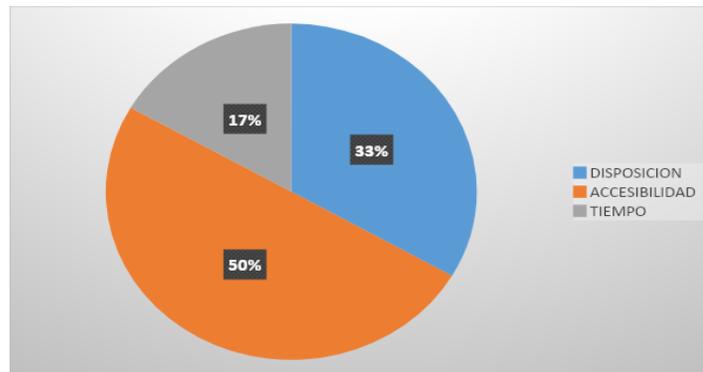
El 75% de los profesionales encuestados no lleva el seguimiento de las terapias fuera del consultorio a diferencia del 25%. En una escala del 1 al 10 resaltan la factibilidad de usar la aplicación para el seguimiento de las terapias como se muestra en la tabla 1.

Figura 3. Escala de factibilidad de la aplicación móvil.



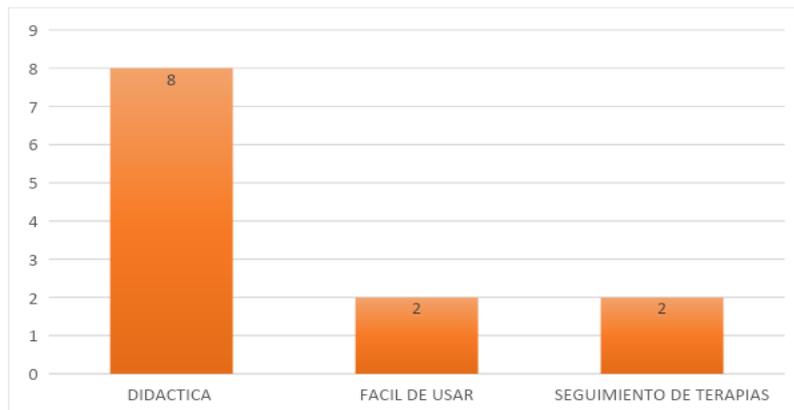
El 50% de los encuestados indican como factor principal la accesibilidad para que sus pacientes realicen terapias fuera del consultorio, el 33% indican que es la disposición el factor principal y el 17% indican el tiempo, como lo indica la figura 4.

Figura 4. Factores principales por los cuales los pacientes no realizan las terapias en casa.



Dentro de los factores que quisieran encontrar los profesionales encuestados en la aplicación 8 de ellos opinaron que sea didáctica, 2 fácil de usar y 2 que puedan llevar seguimiento de las terapias como lo muestra la figura 5.

Figura 5. Factores que quisieran encontrar en la aplicación.

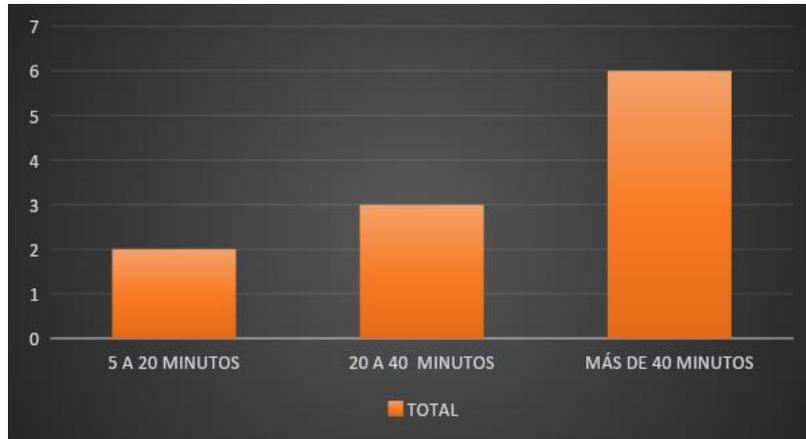


6.1.2. Resultados de pacientes

Se realizó la encuesta a 11 pacientes que han sido remitidos a terapias visuales en la universidad El Bosque que presentan un rango entre 16 a 25 años con una media de 20 años y una desviación estándar de 4 años, en los encuestados el 54.5% fueron del sexo femenino y el 45.5% es del sexo masculino de los cuales el 100% ha tenido en su celular aplicaciones móviles (juegos). Del total de la población 6 de las personas encuestadas

indicaron que usan aplicaciones móviles más de 40 minutos, 3 personas de 20 a 40 minutos y 2 personas de 5 a 20 minutos como lo indica la figura 6.

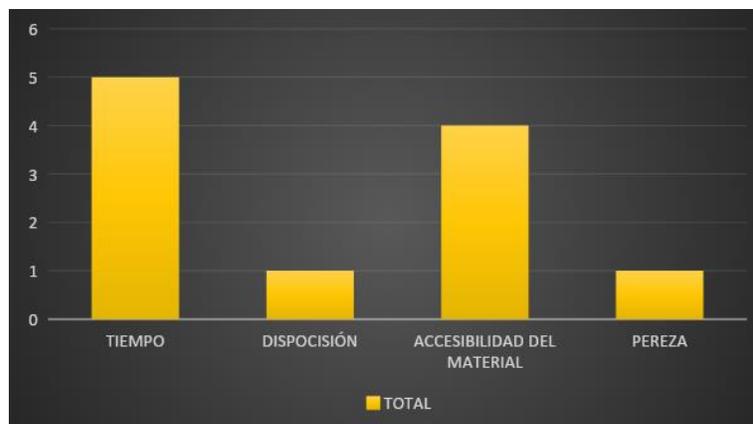
Figura 6. *Uso de aplicaciones móviles en los pacientes encuestados.*



El 54.5% de los encuestados indicaron que es la primera vez que realizan terapias visuales y el 45.5% respondieron que no y los cuales 54.5% de la población indicaron que estarían muy dispuestos a utilizar una aplicación móvil para realizar sus terapias visuales y el 45.5% estarían dispuestos.

Como factores principales que indican los pacientes para no realizar de manera completa sus terapias en un 45.5% es el tiempo, el 36.4% la accesibilidad al material, el 9.1% disposición y como otros (pereza) con el 9.1% como indica la figura 7.

Figura 7. *Factores principales que indican los pacientes por el cual no realizan terapias visuales fuera del consultorio.*



En el total de pacientes encuestados, 7 indicaron que les gustaría encontrar una aplicación móvil didáctica para realizar sus terapias visuales y 4 que sea fácil de usar.

6.2. Fase II. Diseño de la aplicación

6.2.1. *Diseño de la aplicación*

El proceso de elección de terapia se realizó teniendo en cuenta los resultados de las encuestas, debido a que varios de los encuestados sugirieron una aplicación interactiva y fácil de usar para los pacientes que requieran usar la aplicación, de igual manera tiene instrucciones específicas para la realización de las terapias de movimientos sacádicos y de seguimiento.

Se implementó el principio de las cartas de Hart como referencia por la estimulación de los movimientos sacádicos y de seguimiento; como también el juego clásico Arkanoid para movimientos de seguimiento.

6.2.1.1. *Modelamiento de la interfaz visual*

Con las sugerencias dadas por los encuestados, se tuvo una idea general de las posibles herramientas y algoritmos a integrar en la aplicación, sin embargo, el segmento que debe ser definido para iniciar pruebas de los motores de procesamiento es el visual. Como la aplicación usa dos juegos y debe tener control de usuario, historial de juegos e instrucciones, se definió un conjunto de pantallas para permitir una visualización en el ingreso del logotipo de la aplicación, un orden utilizando contenedores de subpantallas para generar la barra desplegable que permite la navegación entre los segmentos de la aplicación. Específicamente cada pantalla de juego fue definida con el contenedor “canvas” del juego con tamaño estático para cumplir con un tamaño definido.

Se tuvo que agregar espacios en cada juego que permitieran la visualización de la cámara que se explicará más adelante.

6.2.1.2. *Desarrollo de algoritmos*

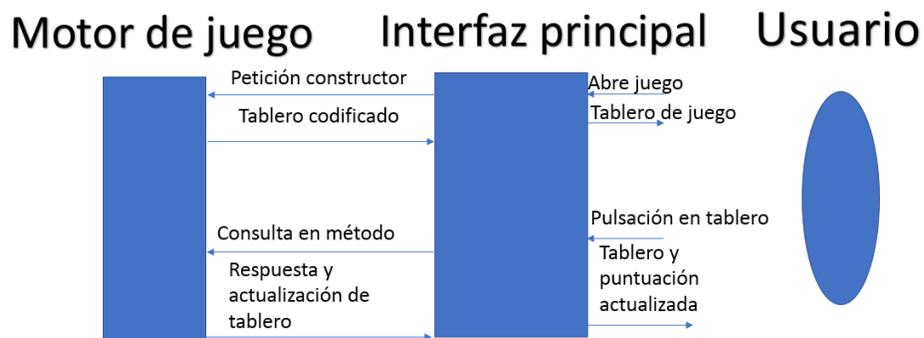
Cada juego fue definido utilizando clases independientes que se dejen ejecutar y parametrizar por la clase principal de la aplicación, en el caso de cartas de Hart un constructor fue programado para generar el autofill del tablero haciendo uso de una cadena de caracteres que se definió con letras y números. Los métodos de acceso

generan la siguiente pregunta para mostrar en la interfaz; una vez existe respuesta capturada desde los botones generados, se decide si la respuesta fue correcta o no para alterar el marcador.

De forma similar el juego Arkanoid fue desarrollado pensando en permitir interacción de constructor y métodos de consulta y validación de los eventos que van sucediendo en pantalla.

Una ilustración general en bloques de lo que sucede con los eventos es como aparece en la Figura 8.

Figura 8. Ilustración en bloques de la interacción de entes en el sistema de la aplicación.



Para el control de la distancia se plantearon diferentes opciones con acelerómetro e integración de movimientos del mismo, sin embargo, el mejor resultado se obtuvo a partir del análisis de imágenes de la cámara frontal del dispositivo. Para ello se usó el principio de triangulación utilizando píxeles como unidad básica de medida y se realizó el cálculo frame a frame de los cambios generados para hacer un estimado de la distancia en centímetros. El motor programado de análisis de imágenes también funciona como un motor en una clase separada y está ejecutándose en paralelo para permitir actualización de información de forma paralela a la ejecución del juego. En términos generales los algoritmos de detección funcionan a partir de identificar un rostro y los ojos dentro del mismo, con dicha información usa los puntos del centroide y los promedios en píxeles para hacer el cambio a unidades de distancia.

La persistencia de datos de los usuarios hace uso de una característica que ofrece el administrador del sistema operativo para guardar información específica de algunos datos

dentro de una aplicación, sin embargo, como el control de información de partidas no tiene un tamaño estático se realizó uso de una base de datos al interior del dispositivo que se encarga de preservar los datos de partida por juego y puntos buenos y malos.

Haciendo uso de dicha información también se hace la administración de partidas diarias máximas permitidas. El acceso a periféricos adicionales como el vibrador del dispositivo se hizo mediante el sistema de peticiones que permite el sistema operativo Android.

6.2.1.3. Uso de la aplicación

Se debe descargar la aplicación de DBB EYES TRAINER en la tienda de la play store, después el paciente continuará ingresando en la aplicación un código que el profesional le dará. Después de colocar el código aparecerá una ventana de inicio, en la cual aparecen unos datos como lo son la edad, el nombre del paciente y el logo de la aplicación. Al costado superior izquierdo se encontrará un símbolo con de tres líneas horizontales, el cual contiene un pequeño menú en el cual está reflejado el nombre del paciente, debajo se encontrarán cinco opciones las cuales están distribuidas del siguiente modo: la primera opción que se encuentra servirá para volver al inicio de la aplicación; en la segunda opción se encuentra la primera terapia que corresponde a las cartas de Hart; antes de iniciar la terapia saldrá un anuncio el cual indicará al paciente que utilice su corrección (gafas o lentes de contacto) mientras realice la terapia, coloque el celular a una distancia de 27 a 30 centímetros del rostro (un sensor le indicará si se encuentra en la distancia adecuada), la terapia consiste en buscar los patrones alfanuméricos (letras y números) que se van indicando y presionar en la celda que corresponda, encuentre el mayor número de letras en el menor tiempo posible; la tercera opción será Arkanoid: antes de iniciar la terapia saldrá un anuncio el cual dirá que utilice su corrección (gafas o lentes de contacto) mientras realice la terapia, coloque el celular a una distancia de 27 a 30 centímetros del rostro (un sensor le indicará si se encuentra en la distancia adecuada), consiste en tocar la pantalla a la derecha o a la izquierda para empezar la terapia, destruye la totalidad de los ladrillos para terminar la terapia antes que se acabe el tiempo.

En la cuarta opción se verán reflejados los avances en la cual se puede observar los seguimientos y saber si se ha mejorado desde que empezó a realizar las terapias, esto mismo lo observara el profesional para ver el avance del paciente. Y por último se

encontrará la opción de instrucciones, en ella el paciente leerá el funcionamiento de cada terapia.

7. DISCUSIÓN

El 55% de los pacientes encuestados consideraron que la aplicación es importante de hacer, esto concuerda con el estudio de Santamaría y Hernández (2016) que midió la percepción del impacto de las aplicaciones de salud visual en la vida de los pacientes. Esto demuestra la buena disposición que se ha tenido en los últimos años para el uso de este tipo de herramientas como ayuda para la salud visual. Actualmente con el avance tecnológico es importante el desarrollo de una ayuda que apoye a los profesionales en la salud, en las terapias visuales binoculares para movimientos sacádicos y de seguimiento se espera una gran acogida tanto en los pacientes como en los profesionales la cual se evidencia en los resultados de la encuesta aplicada (28).

Con esta investigación se pretende motivar a los profesionales en la salud visual en el uso de herramientas móviles para las terapias visuales que deben realizar los pacientes fuera del consultorio. Se resalta que aunque sean pocas las aplicaciones específicas para terapias visuales, cada vez más se realizan estudios en otros temas de salud como la pedagogía de la medicina natural y tradicional en Cuba que han llevado a la realización de aplicaciones multimedia con resultados positivos que coinciden con los resultados de esta investigación, tanto los profesionales docentes como los estudiantes de medicina dieron una evaluación asertiva hacia la creación y posterior relevancia y factibilidad hacia las nuevas aplicaciones con énfasis en salud (29).

Durante el presente estudio se valoró la aplicación móvil para terapias visuales creada por la valoración de profesionales en el área de ortóptica lo cual permitió una óptima aplicación en los pacientes y profesionales para la cual fue destinada, alcanzando mayores probabilidades de lograr efectividad y utilidad a un largo plazo.

Es por ello que los profesionales deben ser lo más competentes y en el mayor número posible en el tema a tratar, por lo tanto, la valoración que realicen sobre la investigación permite una reestructuración técnica en cuanto al contenido que se va a tratar en la primera versión de la aplicación. Los profesionales encuestados otorgaron una valoración del 66.7% a la importancia de la realización de esta aplicación y un 73% la considero factible de realizarla porque no llevaban de ninguna forma seguimiento de las terapias de sus pacientes por lo cual consideraron pertinente y necesaria su creación. De igual manera aunque no fue representativa la población de los profesionales y pacientes, este

estudio muestra sólo la primera versión de la aplicación buscando posteriormente una población mayor con nuevos resultados para la actualización de la aplicación.

8. CONCLUSIONES

El presente trabajo de grado tuvo como propósito realizar el diseño de una aplicación móvil para terapias binoculares de movimientos sacádicos y de seguimiento, para el cual se consideró el impacto que podía realizar la misma, teniendo así una respuesta positiva tanto en pacientes encuestados como en profesionales de la salud visual.

Ante el escenario se puede concluir que es viable poder incluir este desarrollo tecnológico en el área de la salud visual, para poder llevar seguimiento de las terapias visuales que se deben realizar correctamente fuera del consultorio.

Se logró el objetivo del proyecto gracias al desarrollo del prototipo con el correcto funcionamiento de dicha aplicación; adicionalmente es importante mencionar que la población de optómetras y pacientes que han realizado previamente terapias visuales, están abiertos a las nuevas alternativas tecnológicas.

9. BIBLIOGRAFIA

- (1) Pickwell D, Matilla Rodríguez T, tr., Bueno del Romo G, tr., Bueno del Romo N, tr. Anomalías de la visión binocular : investigación y tratamiento. 1996.
- (2) Ministerio de Salud. Resolución numero 8430 de 1993 Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. 1993.
- (3) Vargas Nieto D G, Tovar Muñoz J E. Diagnostico de movimientos oculomotores realizado a niños de siete a nueve años que representan problemas de lectura y bajo rendimiento escolar en el colegio San Bernardo de La Salle de Bogotá; 2005.
- (4) Díaz Álvarez S B., Gómez García A, Jiménez Garófano C, Martínez Jiménez M. Bases optométricas para una lectura eficaz ; 2004.
- (5) Arias Castro D M. Caracterización de los movimientos oculares en la enfermedad de Alzheimer en una muestra Colombiana; 2016.
- (6) Iglesia Salido M A. Desarrollo de aplicaciones 3D para terapia visual en estereopsis Universidad de Alcalá. Escuela Politécnica Superior; 2018.
- (7) El Tiempo. Cuatro de cada 10 colombianos usan a diario redes sociales . 2013; Available at.
- (8) Pasmkik S. Trastornos del desarrollo visual en el niño. Revista chilena de pediatría 1975 Dec;46(5-6):520-522.
- (9) Sánchez TdJ, M Gálvez EA, Hernández Santos LR, Naranjo Fernández RM, Hernández Silva JR, Padilla González C. Visión binocular en pacientes operados de esotropía congénita con cuatro años de evolución. Revista Cubana de Oftalmología 2016 Mar 1,;29(1):79.
- (10) TuVistaSana. La visión binocular y estereopsis [acceso 12 de Noviembre de 2019]. . 2018.
- (11) Hernández Marrero XM, Chiang Infante W, Fabars Savigne S. Insuficiencia de convergencia: opciones terapéuticas en dos féminas. MEDISAN 2016 Jul 1;20(7):938-942.
- (12) León Álvarez A, Medrano SM, Márquez MM, Nuñez SM. Disfunciones no estrábicas de la visión binocular entre los 5 y los 19 años. Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular 2016 Sep 5;14(2):13.
- (13) Gila L, Villanueva A, Cabeza R. Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares. Anales del Sistema Sanitario de Navarra 2009;32(suppl 3):9-26.

- (14) ACOTV. Evaluación y tratamiento de los movimientos sacádicos oculares [acceso 21 de Agosto de 2019]. 2016.
- (15) Seassau M, Gérard CL, Bui-Quoc E, Bucci MP. Binocular saccade coordination in reading and visual search: a developmental study in typical reader and dyslexic children. *Frontiers in integrative neuroscience* 2014;8(85):85.
- (16) Coubard OA. Editorial: Neural bases of binocular vision and coordination and their implications in visual training programs. *Frontiers in integrative neuroscience* 2015;9(47):47.
- (17) Arias Díaz A, Bernal Reyes N, Camacho Rangel LE. Efectos de los dispositivos electrónicos sobre el sistema visual. *Revista Mexicana de Oftalmología* 2017 Mar 1,;91(2):103-106.
- (18) ACOTV. Evaluación y tratamiento de los movimientos sacádicos oculares [acceso 12 de Noviembre de 2019]. 2016 MAYO- 24.
- (19) Desimone R. Neural mechanisms for visual memory and their role in attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 1996 Nov 26,;93(24):13494.
- (20) Buonomano DV, Merzenich MM. Cortical plasticity: From Synapses to Maps. *Annual review of neuroscience* 1998;21(1):149-186.
- (21) ACOTV. Evaluación y tratamiento de los movimientos sacádicos oculares [acceso 21 de Agosto de 2019]. 2016.
- (22) Delgado Rizo ZR, Carral Novo JM, Guerrero Abreu EJ. Caracterización de los potenciales evocados visuales en la retinopatía diabética Characterization of the visual evoked potentials in the diabetic retinopathy. *Revista Cubana de Oftalmología* 2009 Dec 1,;22(2):15-22.
- (23) Robert B, Rodney K. The Sanet Vision Integrator [acceso 20 de Noviembre de 2019]. 2019.
- (24) Codina Fossas M, Villena Requena R, Lladó Contijoch N, Blasco Blasco T. Eficacia de un programa de terapia visual aplicado en la escuela sobre las disfunciones visuales y el rendimiento lector en alumnos de ciclo superior de primaria. 531 2017 Diciembre;1(531):10.
- (25) Díaz Núñez YC, Díaz Núñez YJ. Tratamiento binocular de la ambliopía basado en la realidad virtual. *Revista Cubana de Oftalmología* 2016 Dec 1;29(4):674-687.
- (26) pcworld. Sistemas de operaciones móviles: Comunicacion en tiempo real. 2014.
- (27) Martin del Barrio J. España abraza los android y desprecia los windows . 2013.

(28) Santamaría Puerto GA, Hernández Rincón EH, Suárez Obando F. Aplicaciones de salud para móviles: Uso en pacientes de Medicina Interna en el Hospital Regional de Duitama, Boyacá, Colombia. Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud 2016 Sep 1;27(3):271-285.

(29) Robaina-Castillo JI, Hernández-García F, Pérez-Calleja NC, González-Díaz EdC, Angulo-Peraza BM. Aplicación multimedia para el estudio de la medicina natural y tradicional integrada a la pediatría. Educación Médica 2020 Jan;21(1):32-39.