

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
COMPUTACIÓN Y SISTEMAS



**DETECCIÓN DE LA MIOPIA USANDO REALIDAD VIRTUAL CON
UNITY PARA NIÑOS DE ENTRE 5 Y 9 AÑOS EN EL C.E.P. NUESTRA
SEÑORA DEL PERPETUO SOCORRO DURANTE EL AÑO 2019**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE COMPUTACIÓN Y SISTEMAS
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: SISTEMAS INTELIGENTES**

AUTOR: Br. Camacho Vega Bruno Aarón
Br. Waku Campos Edson Satoshi
ASESOR: Dr. Luis Vladimir Urrelo Huiman

TRUJILLO - PERÚ

2020

Fecha de Sustentación: 09/12/20

**“DETECCIÓN DE LA MIOPÍA USANDO REALIDAD VIRTUAL CON
UNITY PARA NIÑOS DE ENTRE 5 Y 9 AÑOS EN EL C.E.P.
NUESTRA SEÑORA DEL PERPETUO SOCORRO DURANTE EL
AÑO 2019”**

Elaborado por:

Br. Camacho Vega Bruno Aarón

Br. Waku Campos Edson Satoshi

Aprobada por:

Ing. José Antonio Calderón Sedano
CIP 139198
Presidente

Ing. Heber Gerson Abanto Cabrera
CIP 104621
Secretario

Ing. Silvia Ana Rodríguez Aguirre
CIP 107615
Vocal

Dr. Luis Vladimir Urrelo Huiman
CIP 88212
Asesor

Dedicatoria

A mi madre

Por brindarme su tiempo y apoyo en cada uno de mis logros. Me formó quien soy y quien me motiva constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mi tía

Por su apoyo fundamental y ejemplo en momentos importante de mi vida.

A mi abuela

Por sus consejos de vida, a quien dedico todo mi esfuerzo y trabajo.

A mis amigos y compañeros

Por su cooperación durante el desarrollo del proyecto y su ayuda constante.

Waku Campos, Edson Satoshi

Dedicatoria

A mi mamá

Por darme su apoyo incondicional cada momento y por ofrecerme su sabiduría. Me ayudó a ser quien soy y sigue ayudando a seguir adelante.

A mi abuela

Por haberme apoyado, y por dedicar su tiempo y esfuerzo cuando se le necesitaba.

A mi hermana

Por brindarme su apoyo y anhelo para ofrecer lo mejor de mí cada día.

A mis amigos y compañeros

Por sus consejos y apoyo constante tanto para el desarrollo del proyecto, así como en el transcurso de la carrera.

Camacho Vega, Bruno Aarón

Agradecimientos

A nuestro asesor el Dr. Vladimir Urrelo por su ayuda y orientación durante todo el transcurso del proyecto.

Al Ing. Walter Cueva quien nos apoyó con el desarrollo con observaciones precisas para el logro del proyecto.

A la Dra. Harumi Kuroda Burga, como también a la clínica oftalmológica "Luz y Vida", quienes nos ayudaron con su conocimiento sobre el área y su cooperación con el desarrollo del proyecto.

Al director Jose Sotelo y la profesora Janet Vega, quienes nos ayudaron durante las pruebas en los colegios respectivos.

Resumen

Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de una aplicación de Realidad Virtual con el que se busca detectar algún problema de agudeza visual (errores refractivos), con el fin de disminuir el margen de error encontrado actualmente en los test tradicionales y del mismo modo, quitar todo grado de subjetividad que se pueda encontrar en este test. Los resultados nos permiten concluir que la aplicación puede funcionar como herramienta de triaje o despistaje, al lograr una precisión del 97.79% (un margen de error del 2,21%).

A pesar del margen de diferencia de un 10% entre distancias estimadas (simuladas en Realidad Virtual) y distancias reales, la contrastación con los resultados del test tradicional de Snellen valida su uso como herramienta de detección de miopía.

Esto valida la hipótesis planteada con respecto al uso de la aplicación de realidad virtual con el proceso tradicional de detección de miopía en niños de entre 5 a 9 años.

Abstract

This project aims to develop an application of Virtual Reality with which it is sought to detect any visual acuity problema (refractive errors), in order to reduce the margin of error found currently in traditional tests and in the same way, remove any degree of subjectivity that can be found in this test. The results allow us to conclude that the application can function as a triage or screening tool, by achieving a precision of 97.79% (a margin of error of 2.21%) after an analysis of results after its deployment. Despite the 10% margin of difference between estimated distances (simulated in Virtual Reality) and real distances, the contrast with the results of the traditional Snellen test validates its use as a myopia detection tool. This in turn validates the hypothesis raised regarding the use of the virtual reality application with the traditional process of detecting myopia in children between 5 to 9 years.

Presentación

El presente trabajo de tesis tiene como principal objetivo detectar problemas de miopía a niños de entre 5 y 9 años, utilizando Realidad Virtual, tecnología que simula un aspecto del mundo real en un entorno virtual.

La importancia de la detección de este problema radica en que en la actualidad hay una total preocupación por la salud visual de las personas, debido al creciente número de personas que sufren de alguna enfermedad visual. Siendo en el Perú los problemas visuales la segunda causa de discapacidad a nivel nacional.

Por lo mismo, el presente trabajo tiene como finalidad central la búsqueda de mejorar el porcentaje de confiabilidad de los exámenes de medición y por ende disminuir el error encontrado, todo esto a través de una aplicación de realidad virtual.

ÍNDICE

Dedicatoria	3
Resumen	6
Abstract	7
ÍNDICE	9
INDICE DE TABLAS	10
INDICE DE ILUSTRACIONES	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. Planteamiento del Problema	13
1.2. Problema	16
1.3. Hipótesis	17
1.4. Objetivo	17
1.4.1. Objetivo General	17
1.4.2. Objetivos Específicos	17
1.5. Justificación de estudio	18
CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA	19
2.1. Antecedentes del estudio.	19
2.2. Marco Teórico.	37
2.3. Marco Conceptual.	45
2.4. Sistema de Hipótesis.	49
2.4.1. Indicadores	49
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	52
3.1. Tipo y nivel de investigación	52
3.2. Población y muestra de estudio	52
3.3. Diseño de Investigación	52
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación	53
3.5. Procesamiento y análisis de datos	53
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	54
4.1. Proceso de detección de la miopía tradicional en la clínica oftalmológica “Luz y Vida”.54	
4.2. Análisis y diseño de la aplicación de Realidad Virtual en Unity para la obtención de artefactos utilizando el lenguaje UML.	63

4.3. Desarrollo del entorno de Realidad Virtual en Unity aplicando el marco de referencia usada en el estudio Enhancing Healthcare with Virtual Reality (Peng Xia, 2018).78	
4.4. Validación de la aplicación de Realidad Virtual usando tests de usabilidad	104
4.5. Despliegue y validación	118
CAPÍTULO V: CONTRASTACIÓN	128
5.1. Docimancia	128
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	135
CONCLUSIONES	139
RECOMENDACIONES	140
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
ANEXOS	143

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Doce primeras causas de atenciones (detalladas) por consulta externa	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2 Diez primeras causas de enfermedad por ciclos de vida en mujeres de 5 a 9 años	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3 Diez primeras causas de enfermedad por ciclos de vida en hombres de 5 a 9 años	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4. Medidas del Test de Snellen	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Matriz de operacionalización de Variables	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Registro de pacientes atendidos	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Requerimientos funcionales del sistema	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Requerimientos no funcionales del sistema	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9. Historia de Usuario N°1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10. Historia de Usuario N°3	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11. Historia de Usuario N°4	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12. Historia de Usuario N°5	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 13. Historia de Usuario N°10	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 14. Product Backlog del proyecto	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 15. Sprint backlog del Sprint 1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16. Sprint backlog del Sprint 2	63
Tabla 17. Sprint backlog de Sprint 3	64
Tabla 18. Objetos utilizados en los entornos	68
Tabla 19. Targets utilizados en el juego	70
Tabla 21. Test de Daltonismo en el juego	76
Tabla 22. Ejemplo Test de Ishihara	76
Tabla 23. Colores escogidos	77
Tabla 24. Iconos utilizados en el test de Agudeza Visual en el juego	77
Tabla 25. Diccionario de Datos	80

Tabla 26. Datos de la muestra	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 27. Resumen de los resultados del examen tradicional	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 28 . Resultados del examen tradicional	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 29. Resultados del examen con el juego	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 30. Error porcentual de las medidas	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 31. Registro de datos para la desviación estándar	98
Tabla 32. Desviación estándar resultante	99
Tabla 33. Registro datos normalizados	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 34. Varianza por columna	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 35. Datos de análisis estadístico para Cronbach	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Exactitud promedio de estimaciones por cada distancia en el experiment 2 (solamente condiciones real – real y virtual – virtual)	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 2. Arquitectura del Sistema de Software de capacitación en atención médica de emergencia	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 3. Escena en el editor de Unity	28
Ilustración 4. GameObject y sus componentes en el inspector	29
Ilustración 5. Modelado de Procesos del Test de Agudeza Visual	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 6. Cartilla de la E	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 7. Cartilla de Snellen	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 8. Tópico de la clínica oftalmológica “Luz y Vida”	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 9. Guía de Observación	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 10. Mapa de Empatía	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 11. V Feria de Ciencia, tecnología e innovación - UPAO	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 12. Assets utilizados para el modelado del juego	64
Ilustración 13. Vista del entorno de desarrollo del tutorial	64
Ilustración 14. Inicio del tutorial	65
Ilustración 15. Vista del entorno de desarrollo del test de daltonismo	65
Ilustración 16. Inicio del test de daltonismo	66
Ilustración 17. Vista del entorno de desarrollo del test de agudeza visual	66
Ilustración 18. Inicio del test de agudeza visual	67
Ilustración 19. Creación del Collider	68
Ilustración 20. Edición del Collider	68
Ilustración 21. Target 1	69
Ilustración 22. Target 2 - Test de Daltonismo	71
Ilustración 23. Target 3 - Dragón (Test de Agudeza Visual)	71
Ilustración 24. Target 4 - Cajas (Test de Agudeza Visual)	72
Ilustración 25. Vista del objeto Player	73
Ilustración 26. Primera parte test de agudeza visual	77
Ilustración 27. Segunda parte, test de agudeza visual	77
Ilustración 28. Tercera parte, test de agudeza visual	78

Ilustración 29. Base de Datos en el proyecto de Firebase	78
Ilustración 30. Alumno utilizando el juego	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 31. Resultado de las prueba de Shapiro Wilk	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 32. Resultado de las prueba de Correlación de Pearson	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de Pacientes con Anomalía y sin Anomalía	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 2 . Porcentaje de Pacientes con Anomalías, por género	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 3. Medida de todas las personas revisadas, separadas por Medida y por Edad	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 4. Cantidad de personas con anomalías visuales por Medida y por Edad	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 5. Cantidad de personas con anomalías visuales separados por Género	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 6. Cantidad de personas por Medida	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 7. Diagrama de Arquitectura General	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 8. Diagrama de Arquitectura de Aplicación	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 9. Modelo Entidad - Relación	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 10. Diagrama de Actividades	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 11. Resultados de la pregunta N°1	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 12. Resultados de la pregunta N°2	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 13. Resultados de la pregunta N°3	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 14. Resultados de la pregunta N°4	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 15. Resultados de la pregunta N°5	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 16. Resultados de la pregunta N°6	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 17. Resultados de la pregunta N°6	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 18. Resultados de la pregunta N°8	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 19. Resultados de la pregunta N°9	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 20. Resultado Examen Tradicional	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

Para el año 2050 se estima que el 50% de la población será miope por el "exceso" del uso de la visión de cerca. (American Academy of Ophthalmology, 2018). De acuerdo con estimaciones de la Organización Mundial de la Salud el número de personas con impedimento visual debido a enfermedades oculares y errores refractivos no corregidos es de 314 millones. Asimismo, estima que, de dicho total de personas con impedimento visual, 45 millones de personas son ciegas y de estas últimas, el 18% se debe a errores refractivos no corregidos. (NEI, 2014).

En el Perú los problemas visuales constituyen la segunda causa de discapacidad a nivel nacional, involucrando a cerca de 300,000 personas con discapacidad visual severa (NEI, 2014), en adición a 160,000 ciegos por diversas causas; de los cuales, solo un tercio cuenta con algún tipo de seguro y el resto tiene problemas de accesibilidad a los servicios de salud, agravados por su situación de pobreza (MINSA, 2014). Siendo la miopía uno de las doces primeras causas de atenciones por consulta externa, según el Instituto Nacional de Oftalmología (INO).

Tabla 1 Doce primeras causas de atenciones (detalladas) por consulta externa

Nº	MORBILIDAD	Nº pacientes	%
1	Glaucoma de ángulo cerrado	8.567	3,82
2	Catarata	7.779	3,46
3	Degeneración macular senil	7.566	3,37
4	Glaucoma ángulo abierto	7.534	3,36
5	Miopía	6.581	2,93
6	Hipertensión ocular	5.519	2,46
7	Estrabismo convergente	5.443	2,42
8	Desprendimiento de retina	4.899	2,18
9	Pseudofaquia	4.447	1,98
10	Catarata senil	3.960	1,76
11	Retinopatía diabética	3.463	1,54
12	Estrabismo divergente	3.177	1,41
Subtotal		68.935	30,69
Otras enfermedades		244.686	69,31
Total general		313.621	100,00

Fuente: (INSTITUTO NACIONAL DE OFTALMOLOGÍA INSTITUTO NACIONAL DE OFTALMOLOGÍA, 2008)

Según un estudio del Ministerio de la Salud (MINSA) en el grupo de 5 a 9 años, tanto de niños como de niñas, se observa que la primera causa de consulta oftalmológica son los trastornos de la acomodación y de la refracción (miopía).

Tabla 2 Diez primeras causas de enfermedad por ciclos de vida en mujeres de 5 a 9 años

N°	Listado de enfermedades oculares en mujeres (CIEX)	De 5 a 9 años		
		Casos	%	% Acum.
1	Trastornos de la acomodación y de la refracción	4.300	53,93	53,93
2	Estrabismo	1.430	17,93	71,86
3	Trastornos del párpado, aparato lagrimal y órbita	691	8,67	80,52
4	Trastornos de la conjuntiva	381	4,78	85,30
5	Enfermedades de la córnea	228	2,86	88,16
6	Cataratas	124	1,56	89,72
7	Patologías de la retina	123	1,54	91,26
8	Glaucoma	100	1,25	92,51
9	Traumatismo de la cabeza	79	0,99	93,50
10	Malformaciones congénitas del ojo, del oído de la cara	53	0,66	94,17
Subtotal		7.509	94,17	94,17
Otras enfermedades		465	5,83	100,00
Total		7.974	100,00	100,00

Fuente: (INSTITUTO NACIONAL DE OFTALMOLOGÍA INSTITUTO NACIONAL DE OFTALMOLOGÍA, 2008)

Tabla 3 Diez primeras causas de enfermedad por ciclos de vida en hombres de 5 a 9 años

N°	Listado de enfermedades oculares en varones (CIEX)	De 5 a 9 años		
		Casos	%	% Acum.
1	Trastornos de la acomodación y de la refracción	3.715	55,94	55,94
2	Estrabismo	1.082	16,29	72,23
3	Trastornos del párpado, aparato lagrimal y órbita	576	8,67	80,91
4	Trastornos de la conjuntiva	311	4,68	85,59
5	Enfermedades de la córnea	207	3,12	88,71
6	Patologías de la retina	115	1,73	90,44
7	Cataratas	90	1,36	91,79
8	Glaucoma	89	1,34	93,13
9	Malformaciones congénitas del ojo, del oído de la cara	67	1,01	94,14
10	Traumatismo de la cabeza	64	0,96	95,11
Subtotal		6.316	95,11	95,11
Otras enfermedades		325	4,89	100,00
Total		6.641	100,00	100,00

Fuente: (INSTITUTO NACIONAL DE OFTALMOLOGÍA INSTITUTO NACIONAL DE OFTALMOLOGÍA, 2008)

En Trujillo se puede observar un caso similar, por esto mismo existe la preocupación de detectar estos problemas a temprana edad, en niños. Sin embargo, según las entrevistas realizadas a distintos oftalmólogos y pediatras, el 70% de los entrevistados coincidieron que existe un problema al momento de la realización del examen de medición de la visión en niños, comentando que este problema se debe a que la mayoría de niños tienden a mentir o decir respuestas de forma aleatoria, incrementando el margen de error ya existente. Por esto mismo, se busca mejorar el proceso del examen de medición de la visión, detectando problemas de miopía en los estudiantes de entre 5 y 9 años en el Centro Educativo Privado “Nuestra Señora del Perpetuo Socorro” durante el mes de noviembre del año 2019.

1.2. Problema

¿De qué manera se puede detectar la miopía en los alumnos de entre 5 y 9 años del Centro Educativo Privado “Nuestra Señora del Perpetuo Socorro” en el mes de noviembre del año 2019 usando tecnología inmersiva?

1.3. Hipótesis

Una aplicación de realidad virtual utilizando Unity permite la detección de miopía en niños de entre 5 a 9 años en el centro educativo particular Nuestra Señora del Perpetuo Socorro en el mes de noviembre del año 2019.

1.4. Objetivo

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación de Realidad Virtual utilizando Unity para detectar los problemas de miopía en el Centro Educativo Privado “Nuestra Señora del Perpetuo Socorro” en el año 2019.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Estudiar el proceso de detección de la miopía tradicional en la clínica oftalmológica “Luz y Vida”.
- Desarrollar la fase de análisis y diseño de la aplicación de Realidad Virtual en Unity para la obtención de artefactos utilizando el lenguaje UML.
- Desarrollar el entorno de Realidad Virtual en Unity según especificaciones aprendidas en el proceso de detección tradicional y aplicando el marco de referencia usada en el estudio Enhancing Healthcare with Virtual Reality (Peng Xia, 2018).
- Validar la aplicación de Realidad Virtual en Unity usando pruebas de usabilidad.
- Desplegar el sistema Realidad Virtual en el centro Educativo Privado “Nuestra Señora del Perpetuo Socorro” en el año 2019.

1.5. Justificación de estudio

En el ámbito tecnológico porque abrirá nuevas formas de utilizar la realidad virtual en el campo de la salud visual, así como también poder ser base para futuras investigaciones relacionados al campo de la salud.

En el ámbito académico porque explota un área de estudio de la Realidad Virtual como herramienta de triaje en el proceso de detección de problemas visuales, siendo un área poco explorada. Debido a que los proyectos actuales solo se enfocan en la realización de tratamientos.

En el ámbito social porque mejorará la experiencia de usuario de modo que los pacientes, respondan de una manera más efectiva y a su vez se podrá lograr un cambio en la forma de pensar de los padres de familia y entidades educativas con respecto a la salud visual en los niños. También apoyará a la reducción de pacientes con errores refractivos no detectados.

Estos son los contenidos de los capítulos posteriores:

En el capítulo II “Marco de Referencia”, se realizará una revisión a los estudios recientes realizados con respecto al tema y la herramienta para poder tener una comprensión holística sobre el tema planteado, para luego plantear la hipótesis y los indicadores con los cuales se evaluará el éxito del proyecto.

En el capítulo III “Metodología”, se definirá como se va a realizar la captura de datos y su posterior análisis estadístico, para poder así contrastar la hipótesis planteada en el capítulo II.

En el capítulo IV “Resultados”, se realizarán los objetivos específicos y se interpretarán los artefactos y/o resultados obtenidos. Todo ello con el objetivo general de la contratación de la hipótesis planteada en los capítulos anteriores.

En el capítulo V “Discusión de resultados”, se analizarán los datos obtenidos, en el capítulo IV, a través de las pruebas estadísticas, las cuales fueron definidas en el capítulo II.

CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA

El siguiente capítulo abarcará el estudio de trabajos relacionados al tema de detección de enfermedades y de trabajos que faciliten la validación del producto. Así mismo se mostrará la búsqueda de conceptos, definiciones e información relacionado a las herramientas utilizadas y al tema de estudio.

2.1. Antecedentes del estudio.

Título: Estimating distance in real and virtual environments: Does order make a difference?

Autores: Christine J. Ziemer, Jodie M. Plumert, James F. Cremer, y Joseph K. Kearney

Año: 2009

Palabras clave: Entornos virtuales, precisión, estimados de medición

Conclusión más relevante:

- En el artículo se realizan 2 experimentos, ambos tienen el mismo objetivo: poder calcular la distancia que existe en un entorno virtual modelado a escala exacta de un entorno real. El experimento se basa en hacer caminar a los participantes hacia diferentes marcas con los ojos vendados (para prevenir que los participantes vean las marcas durante la toma de datos, además de que también usaron audífonos para cancelar ruido que interrumpiera). Los datos son capturados a través del cronómetro.
- Los resultados mostraron que existe una leve distorsión entre la simulación y el mundo real, el porcentaje varía drásticamente cuando se trata de modelar distancias superiores a los 50 pies. Mientras que distancias cortas o menores a 20 pies (6 metros aprox.) presentan una dispersión del 10% o menor.

Título: Desarrollo y evaluación de usabilidad de un juego "serio" utilizado en la enseñanza del comportamiento de la Bolsa de Valores y Cereales.

Autor: Belen Anahi Amaro y Eliana Elisabeth Mira

Año: 2018

Conclusión más relevante:

- Se destaca la importancia de los test de usabilidad, debido a que esto permitirá analizar las posibles alternativas para solucionar algún problema encontrado.
- Se destaca, de igual forma, comenzar el desarrollo teniendo en cuenta los métodos de evaluación de la experiencia de usuario, ya que esto permitirá organizar un plan de evaluación desde las etapas más tempranas del desarrollo.

Título: Enhancing Healthcare with Virtual Reality

Autores: Peng Xia

Año: 2018

Palabras clave: Entorno Virtual, Entrenamiento, Salud, flujo de trabajo

Conclusiones:

La tesis se basa en el desarrollo e implementación de un entorno virtual para el desarrollo de entrenamiento sobre salud. Para ello se han definido ciertos flujos de trabajos además de arquitecturas y lineamientos para el ciclo de vida del software, desde diseños hasta implementación.

Para nuestro caso aplicado, esta tesis es importante ya que define un esquema de trabajo sólido en el cual poder tomar de referencia para adaptación y uso.

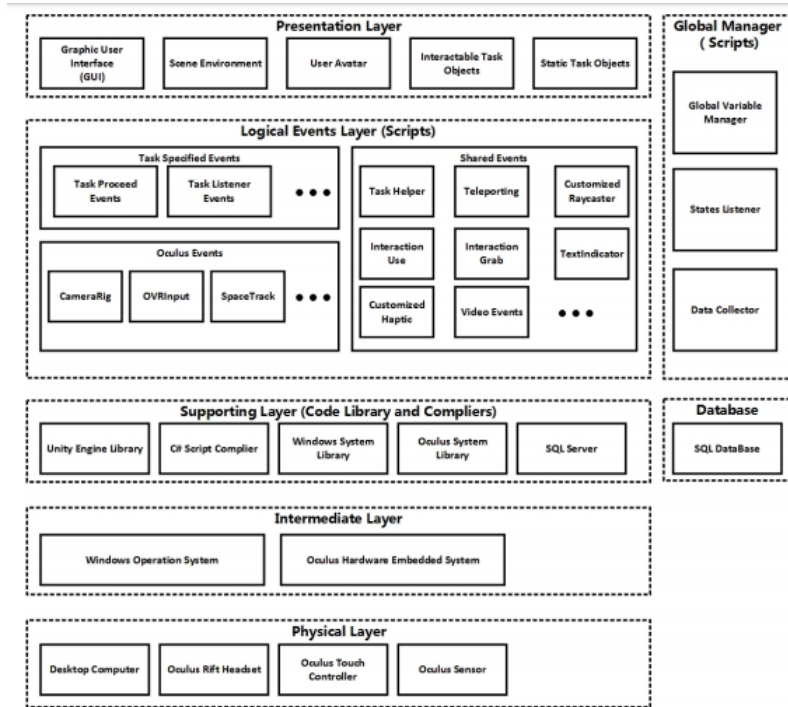


Ilustración 1: Arquitectura del Sistema de Software de capacitación en Atención médica de urgencia

Además de ello, también se han evaluado estadísticamente los resultados de performance de cada participante dentro del entorno virtual.

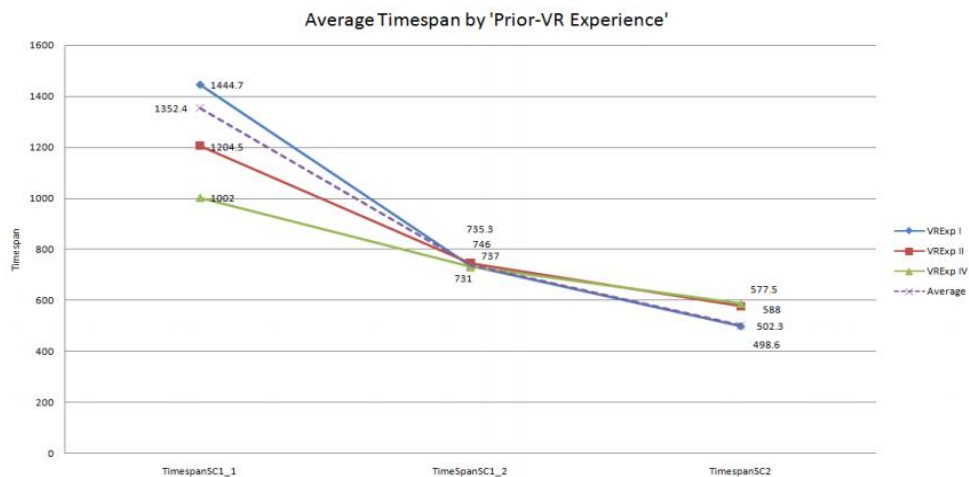


Ilustración 2: Intervalo de tiempo promedio por experiencia previa en realidad virtual entre todas las sesiones

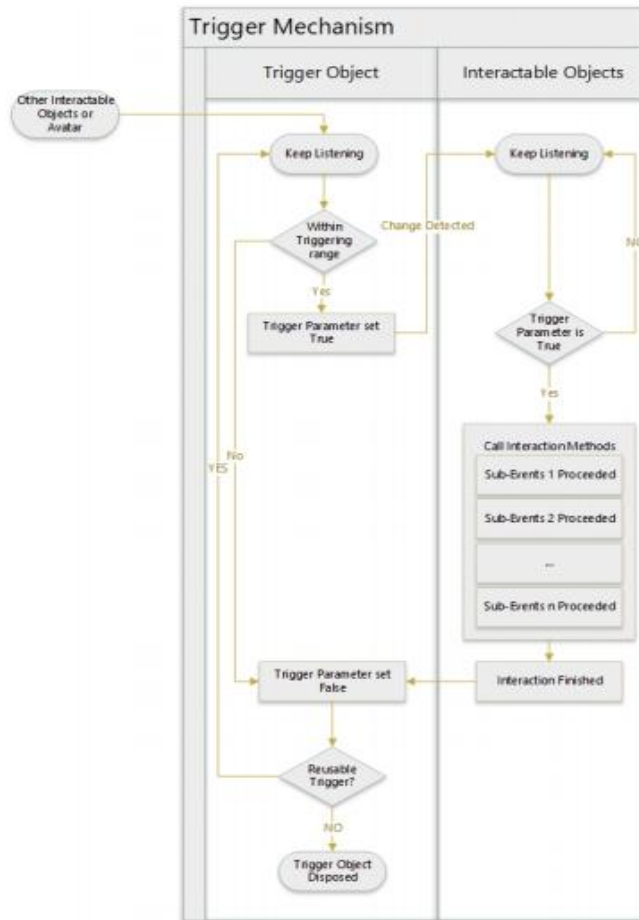


Ilustración 3: Mecanismo de triggers

Título: The Future of Virtual Reality in Ophthalmology Is Already Here

Autor: Ariana M Levin, MD, Jeff H Pettey MD

Año: 2019

Palabras clave: Oftalmología, cirugía, tomografías OTC

Conclusión:

La tecnología y desarrollo de entornos de realidad virtual han sido usados en muchos campos, principalmente la medicina y milicia. Dentro de la Oftalmología, estudios indican que estas interfaces producen información confiable comparados con exámenes clínicos como el perímetro Humphrey.

La realidad virtual se aplica dentro de la oftalmología en 2 campos importantes: Cirugías y Entrenamiento.

Dentro de aplicaciones de cirugía, la realidad virtual apoya a los cirujanos mostrando modelos de anatomía en tiempo real para realizar cortes más certeros, conectados junto a otros dispositivos como el sistema de cirugía da Vinci. Muchos desarrolladores han creado experiencias interactivas como la “tomografía de coherencia óptica intraoperatoria (OCT)”. Las tomografías OTC apoyan a los cirujanos a interactuar manipulando la escala, rotación y parámetros de secciones del cuerpo humano.

Por otro lado, las aplicaciones de entrenamiento se basan en demostrar volúmenes y objetos de difícil acceso como, por ejemplo: entornos dentro del globo ocular como Novartis o EYESi.

Título: Experiment Report on the Impact of Long-Term Use of Virtual Reality (VR) Head-Mounted Displays on the Vision of Pre-teen Users

Autor: The Beijing Advanced Innovation Center for Future Visual Entertainment, Beijing Institute of Technology, Beijing Blue Focus E-Commerce Co., Ltd., Vive Immersive Media Lab, Beijing Sweet Technology Co., Ltd.

Año: 2017

Palabras clave: visión, influencia, cansancio, tabletas

Conclusión:

Los datos experimentales muestran lo siguiente:

- Con respecto al uso de la tableta:
 - La fatiga subjetiva provocada por la realidad virtual la experiencia y el cansancio visual provocado por las tabletas pueden aliviarse con un corto descanso.
- Con respecto al uso del entorno virtual:
 - La visión de la mayoría de los sujetos informó que su visión no cambió o incluso mejoró después del experimento; debido a la considerable cantidad de escenas simuladas de visión a distancia (34) utilizado en realidad virtual.
 - Según los datos experimentales, una mayor porción de los sujetos quienes usaron el entorno en Realidad Virtual había mejorado la visión en comparación con los sujetos quien usó tabletas continuamente durante 1 hora.

En conclusión, para los usuarios pre-adolescentes VR HMD y tabletas tienen una influencia similar en la visión y el uso de VR. Los casos de VR pueden tener una influencia más positiva.

Se saca a relucir la visión medida. La visión promedio después de usar VR durante 20 min, 40 min y 1 hora son consistentemente más alto que la visión antes del experimento.

Como se muestra en la Fig.6-1, el 90% de los sujetos que utilizaron el entorno virtual muestran una visión sin cambios o mejorada después de 1 hora de uso de realidad virtual, solo el 10% de ellos reportan disminución de la visión.

Título: Ocular effects of virtual reality headset wear in young adults

Autor: Philip R. K. Turnbull & John R. Phillips Riva

Año: 2017

Palabras clave: binoculares, visión binocular, contraste

Conclusión:

El estudio presente buscaba verificar si el uso prolongado de lentes de realidad virtual (VR) altera estado binocular de los ojos y la probabilidad que estimule el desarrollo de la miopía. Para esto, cada participante fue sometido a una prueba la cual consistía en usar un entorno de realidad virtual, con 4 escenarios distintos, cada con diferente contraste de luz, durante 40 minutos por cada escenario, en días distintos a horas similares. Para comprobar los efectos se realizaron distintos exámenes: estabilidad de la fijación, pruebas de visión binocular y luego medidas de grosor coroideo, las cuales se realizaron antes y después de la prueba.

Conclusión más relevante:

El uso de los binoculares después de 40 minutos no afectó significativamente en el efecto del medio ambiente en ninguno de las medidas de la visión molecular. Las cuales son entornos de realidad virtual en interiores (VRI), realidad virtual en exteriores (VRO), interiores en el mundo real (RWI) y exteriores en el mundo real (RWO).

Debido a la demanda de convergencia en comparación con la visión del mundo real de objetos cercanos demandaría duplicar el estrés potencial del sistema visual. Sin embargo, debido visualización vertical fuera del eje a través de las lentes que se cancelaría este efecto. Por lo tanto no existe una correlación entre el cambio de un individuo en la disparidad de fijación horizontal y la descentración de su lente. La estabilidad de la fijación, no cambió después del ensayo, y no hubo un efecto obvio de la realidad virtual. Luego del uso cada entorno, si este se pasa de los 40 minutos se encontró aumento significativo en el grosor coroideo en ambos grupos de RV en las regiones subfoveal (1 mm) y parafoveal (3 mm) de la coroides. Por el contrario, no hubo un aumento significativo en el grosor coroideo en ninguno de los grupos del mundo real.

Título: A Simulator to Study the effects of color and color blindness on Motion sickness in Virtual Reality using Head Mounted Displays

Autor: Dimitri A. Gusev, David M. Whittinghill, Justin Yong

Año: 2016

Palabras clave: metodología, malestar motrix, optokinético

Conclusión:

El paper describe el diseño y los aspectos metodológicos detrás del desarrollo de una simulación en gafas de Samsung Gear VR compatible con el Samsung Galaxy Note 4. La simulación tiene como propósito determinar el efecto de los colores en general y específicamente los colores y como estos son percibidos por personas daltónicas.

El primer estudio de Bonato describe un experimento sobre el Malestar motrix inducido visualmente (por sus siglas en inglés Visually induced motion sickness VIMS) usando un drum optokinético rotativo que evalúa la visión del paciente que verá un cilindro dentro de una pared. Los resultados reportaron que, en su mayoría, los mareos y malestares fueron causados cuando se usaban colores como blanco, negro y gris.

El segundo estudio, de los autores So y Yuen, concluyen que los niveles de VIMS no se presentan cuando se usan diferentes pares de colores. Aun así, el problema aún sigue siendo discutido si es que los colores contribuyen con aumentar los niveles de VIMS en pacientes.

Título: A VR-based user study on the effects of vision impairments on recognition distances of escape-route signs in buildings

Autor: Katharina Krösl, Dominik Bauer, Michael Schwärzler, Henry Fuchs, Georg Suter, Michael Wimmer.

Año: 2018

Palabras clave: simulación, calibración, iluminación

Conclusión:

Las principales contribuciones de este documento se pueden resumir de la siguiente manera:

Una simulación realista de deficiencias visuales (basada en hallazgos médicos científicos) que puede calibrarse a cualquier nivel de agudeza visual y permite la combinación de diferentes síntomas para crear un cierto patrón de

enfermedad. La simulación de pérdida de agudeza visual se calibra en relación con la agudeza visual real del usuario y tiene en cuenta las deficiencias de visualización, permitiendo por primera vez ajustar la agudeza visual percibida de diferentes usuarios al mismo nivel.

Un estudio de usuarios basado en esta metodología para investigar las distancias de reconocimiento de las señales de ruta de escape. Para proporcionar un entorno altamente inmersivo, se presenta un entorno de prueba interactivo y controlado que incluye un tipo de locomoción basada en silla de ruedas, y se utiliza una simulación de iluminación de alta calidad.

Proporciona un análisis de los datos obtenidos del estudio realizado de usuarios en comparación con los valores prescritos por los estándares internacionales y las normas europeas.

El análisis de la primera serie de mediciones bajo desenfoque débil y fuerte muestra una diferencia significativa entre las personas con visión normal y las personas con visión corregida para la mitad de las pruebas con desenfoque débil y una de las pruebas con desenfoque fuerte. Sin embargo, al analizar las mediciones de la segunda corrida, la t realizada. Las pruebas no muestran evidencia de una diferencia significativa en la distancia y ángulo de reconocimiento para personas con visión normal y personas con visión corregida. Por lo tanto, podemos concluir que no hay un error sistemático en el sistema.

Título: Augmented and virtual reality approaches to help with peripheral vision loss

Autor: Ola Younis, Waleed Al-Nuaimy, Majid A. Al-Tae, Ali Al-Ataby

Año: 2017

Palabras clave: captación, realidad aumentada, viabilidad

Conclusión:

Se desarrollaron dos soluciones, utilizando conceptos de realidad aumentada y realidad virtual. La primera solución, buscaba dar a conocer a la persona que sufre el problema de la visión, las posiciones de objetos en movimiento

cerca suyo, mientras que el segundo, utilizando cámaras frontales, situados a los costados de las vistas, buscaba simular el entorno real que se captaba en una imagen virtual, esto en tiempo real aprovechando el rango de captación que el ojo del paciente pueda ver, para así mejorar la imagen que capta.

Adicional a esto, se utilizó un modelo de la vista humana, la cual simula, mediante grabaciones mal realizadas, la imagen captada por una vista humana con problemas visuales, esto aprovechado para las pruebas que se deseaban realizar.

En términos de viabilidad de un sistema AR portátil de factor de forma pequeño, se ha demostrado que la AR en tiempo real y el seguimiento son posibles con un procesador móvil, tal y como sugieren las velocidades de fotogramas mostrados en resultados anteriores. Sin embargo, la tarjeta de desarrollo no está optimizada, y el consumo de energía sugiere que debe ser utilizado en un sistema alimentado por baterías con capacidades AR.

Aunque los resultados varían en función del caso de cada paciente, por lo que se dice que es personalizable. Además de estos, se presenta el modelo de visión, un sistema que simula la visión humana real para que funcione como un probador de nuestras soluciones y cualquier solución futura como un reemplazo para el paciente humano.

Título: Distance Estimation In Virtual Reality And Augmented Reality: A Survey

Autor: Jamiy Él Fatima y Marsh Ronald

Año: 2019

Palabras clave: certeza, sobreestimación, profundidad

Conclusión:

Las investigaciones de Waller y Richardson, como también la de Thompson sobre la estimación de distancias en entornos virtuales con el uso de HMD, demuestran una sobreestimación comparando con distancias reales.

Por otro lado, las investigaciones de Jones, Mohler, Creem-Regehr y Thompson como también las de Waller y Richardson, probaron que la certeza

y habilidad para estimar distancias dentro de un entorno virtual aumenta significativamente tras la interacción con el entorno mismo y él tener control mismo de sus acciones con relación a otros objetos.

Waller y Richardson realizaron varios experimentos al respecto de los cuales él más importante es el segundo, que concluye que el proceso de interacción no necesita información visual para estimar con certezas las distancias solo el cuerpo la requiere. Entre sus resultados, destaca el promedio de que se estima solo un 71% de las distancias reales en entornos virtuales.

Otras fuentes como la investigación de Knapp y Loomis sobre el impacto del campo de vista en la sobreestimación de profundidad en entornos virtuales con uso de HMD, muestran que el campo de vista no tiene ninguna influencia en determinar la profundidad. El estudio de Thompson apoya a la anterior investigación, al concluir que la profundidad no es influenciada por el realismo de los entornos virtuales. Los usuarios son conscientes de que el entorno virtual no es real, por lo que asimilan esta realidad y sus propiedades.

Título: Desarrollo y evaluación de usabilidad de un juego "serio" utilizado en la enseñanza del comportamiento de la Bolsa de Valores y Cereales.

Autor: Belen Anahi Amaro y Eliana Elisabeth Mira

Año: 2018

Palabras clave: usabilidad, desarrollo, métodos

Conclusión:

Se destaca la importancia de los test de usabilidad, debido a que esto permitirá analizar las posibles alternativas para solucionar algún problema encontrado. Se destaca, de igual forma, comenzar el desarrollo teniendo en cuenta los métodos de evaluación de la experiencia de usuario, ya que esto permitirá organizar un plan de evaluación desde las etapas más tempranas del desarrollo.

Título: Effectiveness of a Virtual Reality Head-Mounted Display System-based Developmental Eye Movement Test

Autor: The Beijing Advanced Innovation Center for Future Visual Entertainment, Beijing Institute of Technology, Beijing Blue Focus E-Commerce Co., Ltd., Vive Immersive Media Lab, Beijing Sweet Technology Co., Ltd.

Año: 2016

Palabras clave: movimiento ocular, frecuencia, rendimiento, medición dinámica

Conclusión:

Se demuestra que el desarrollo Gráfico de prueba de movimiento ocular (DEM) a una realidad virtual de un sistema de visualización montado en la cabeza (VR HMD). Se buscó evaluar la efectividad de la prueba DEM para medir la agudeza visual dinámica. 39 personas adultos de 20 a 39 años de ambos sexos fueron los sujetos del estudio. Después sometidos a medición de su función visual, mediante cuestionario médico, distancia interpilar (IPD), cerca del punto de convergencia (NPC), cerca del punto de alojamiento (NPA), y lejos y cerca de phoria, la correlación entre las pruebas fue analizadas realizando DEM vertical, prueba horizontal y VR HMD DEM (VHD) vertical, prueba horizontal. NPC y NPA disminuyeron significativamente después de la prueba de VHD, mientras que la phoria no. Se demostró que el horizontal fue más rápido que el vertical en la prueba DEM y viceversa en la prueba VHD. DEM fue más rápido que el VHD en las direcciones vertical y horizontal. No hubo notables diferencia en la frecuencia de error entre DEM y VHD. En términos de prueba DEM y VHD, no hubo diferencia notable en el IPD de corto alcance y los síntomas subjetivos de la parte superior 10 y 10 temas inferiores. El tiempo de rendimiento para VHD, en el que se debe leer el gráfico mientras se mueve el cuerpo, fue más largo que el de DEM. Por lo tanto, basado en la consistencia de los resultados de ambas pruebas y la falta de una diferencia en la frecuencia de error y síntomas subjetivos, el VHD. El equipo propuesto en esta tesis es tan efectivo como la medición dinámica de la agudeza visual equipo.

Título: Evaluating the Applicability of Repurposed Entertainment Virtual Reality Devices for Military Training

Autores: Douglas Maxwell, Evan Oster y Spencer Lynch.

Año: 2018

Palabras clave: test, método, entrenamiento militar

Conclusión:

Se desarrolló un entorno virtual en Unity, donde se simuló un test de agudeza visual, más exactamente el test de Snellen, en una escena vacía, respetando la distancia establecida de 20 pies (6 metros). Para la realización de este examen, se realizaron tres tests de agudeza visual a personas con una visión normal, uno en el mundo real y, los otros en el entorno desarrollado, utilizando HTC Vive y Oculus Rift.

En el test realizado en el mundo real, la visión de una persona con una visión 20/20, la agudeza resultante fue 1. Sin embargo, en el test realizado en el entorno virtual usando Oculus Rift, la agudeza resultante fue 0.5 (20/40), mientras que, usando HTC Vive fue 0.4 (20/50).

Se propusieron distintos métodos para la detección de la agudeza visual en entornos virtuales (considerando el campo de visión, el tamaño de pantalla, la densidad de píxeles y la distancia al objeto visto) para ayudar en la decisión de emplear dispositivos de realidad virtual para entrenamiento militar.

Título: Emulation of Physician Tasks in Eye-Trackled Virtual Reality for Remote Diagnosis of Neurodegenerative Disease.

Autor: SJason Orlosky, Yuta Itoh, Maud Ranchet, Kiyoshi Kiyokawa, John Morgan y Hannes Devos

Año: 2017

Palabras clave: temblor ocular, fijación, oscilación, interfaz

Conclusión:

Se ha demostrado que se produce temblor ocular u oscilación de amplitud pequeña en pacientes con parkinsonismo, utilizando una cámara de 500 Hz. Se intentó determinar si las tareas de fijación en un entorno de realidad virtual

también podrían provocar este temblor, así como para ver si la cámara de visión cercana con una velocidad de fotogramas más baja (30 FPS) también podría detectar tal movimiento. Dado que este tipo de temblor tiene una frecuencia de entre 4 y 7 Hz, teóricamente deberíamos poder detectar la oscilación con una frecuencia de muestreo inferior a 20 Hz.

Se demuestra que se pueden usar tareas virtuales para evocar anomalías asociadas con la enfermedad neurodegenerativa, lo que representa un paso significativo para hacer que la realidad virtual con seguimiento ocular sea práctica para su uso en entornos clínicos. Emular tareas comúnmente utilizadas por los médicos puede ser un paso importante para hacer realidad el diagnóstico remoto, especialmente teniendo en cuenta la aceptación de la realidad virtual por parte de los pacientes en nuestro experimento clínico.

Todas las visualizaciones recibieron un 6 o 7, por lo que sería necesario un estudio de seguimiento para revelar cualquier tendencia. Además, acuerdos médicos y niveles de confianza eran casi idénticos entre las condiciones de visualización y no visualización, por lo que no se pudo concluir si una visualización en particular sería apropiada para futuras pruebas. Sin embargo, un estudio de seguimiento ya está en marcha, probablemente será más importante para explorar la interfaz en sí, en lugar de visualizaciones, para facilitar que los médicos obtengan videos en tiempo real de realimentación.

Título: Evaluation of visual function in preschool age children using a vision screening protocol

Autor: Tsukasa Satou, Yoshiaki Takahashi, Misae Ito, Hiroshi Mochizuki, Takahiro Niida

Año: 2018

Palabras clave: ambliopía, binoculares, protocolo, detección

Conclusión:

El examen de visión para detectar ambliopía a un nivel suficiente la edad temprana permite un tratamiento exitoso ha sido fuertemente recomendado en todo el mundo. En Japón, el examen de la vista consta de 3 pasos: 13

cuestionarios y visuales para el hogar prueba de agudeza (VA) (solo para niños de 3 años), prueba de Agudeza visual e inspección por enfermeras de salud en los centros de salud regionales, y Exámenes detallados realizados por oftalmólogos. Schmidt informó la utilidad de la refracción y la función binocular pruebas en el examen de la vista. Desafortunadamente, la tasa de implementación de refracción o pruebas de función binocular ha sido baja en muchas áreas de Japón.

Los autores han estado realizando despistaje sobre agudeza visual, incluidas las pruebas de refracción y función binocular para la detección temprana de trastornos oculares en niños desde 2008 en Otawara, Japón. En este estudio transversal, se evaluó la relación entre VA no corregido (UNVA) y refracción y función binocular utilizando nuestro examen de visión protocolo en niños en edad preescolar, y se consideró si la refracción y la función binocular pueden explicar el grado del defecto en UNVA.

La estereopsis cercana se midió utilizando la prueba estéreo Titmus15 (Stereo Optical Co., Inc., Chicago, IL, EE. UU.) A 40 cm. La prueba estéreo de Titmus, que seleccionamos en este estudio, es una de las varias pruebas estándar de estereopsis en la detección de ambliopía y puede medir la estereopsis de hasta 40 segundos de arco. La posición de los ojos se evaluó utilizando las pruebas de cobertura y cobertura alternativa mientras los niños miraban a un punto distante sin anteojos.

Las pruebas de posición ocular midieron la posición basal del ojo a distancia para excluir el efecto de la convergencia acomodativa y proximal. Los sujetos se dividieron en 1 de 4 subgrupos según el valor UNVA más bajo comparado entre los 2 ojos: grupo 1 (VA logMAR 0.00), grupo 2 (VA logMAR 0.15–0.05), grupo 3 (VA logMAR 0.52–0.22) y grupo 4 (VA logMAR 0.52). Estos parámetros se compararon entre los grupos. Esta asignación de agrupación estandarizada se utiliza para la determinación de AV en el examen de la vista en Japón.

El número de muestra de cada uno de los 4 subgrupos fue el siguiente: grupo 1, 608; grupo 2, 114; grupo 3, 27; y grupo 4, 11. Los valores equivalentes

esféricos medianos fueron -1,13 dioptrías (D) en el grupo 1 y -1,00 en el grupo 2, que fueron más miopes que en el grupo 4. La potencia cilíndrica mediana en el grupo 1 fue de 0,25 D, y fue la más baja entre todos los grupos. En el grupo 1, la mediana de anisometropía fue de 0,38 D y el valor medio de astigmatismo corneal fue de 1,13 D; ambos valores fueron más bajos en el grupo 1.

Con respecto a la función binocular, el 89,6% de los sujetos en el grupo 1 tenían 60 segundos de arco o más en la estereopsis cercana y el 98,8% no tenían estrabismo detectable, que eran significativamente diferentes de los hallazgos en los otros grupos. El porcentaje de sujetos en el grupo 1 que tenían 80 segundos de arco o peor en estereopsis cercana fue del 10,4%. En contraste, el 90,9% de los sujetos en el grupo 4 tenían 80 segundos de arco o peor en la estereopsis cercana, y el 18,2% tenía estrabismo intermitente o manifiesto.

Título: Is LEA symbol better compared to Snellen chart for visual acuity assessment in preschool children?

Autor: Undrakonda Vivekanand, Sarita Gonsalves y Shailaja S Bhat

Año: 2019

Palabras clave: fiabilidad, enfoque visual, aceptación

Conclusión:

El objetivo de esta investigación es la comparación de fiabilidad y certeza entre los test de Snellen E y Lea, en niños de preescolar de edades de entre 3 a 5 años. El experimento se aplicó en una población de 50 niños de los cuales, los investigadores no tenían ninguna historia clínica oftalmológica previa.

Se realizaron las pruebas con la cartilla de Snellen E a 6 metros y Lea a 3 metros, como están establecidos según guías oficiales. Cada uno de los resultados fueron convertidos al estándar logMAR para permitir una comparación directa entre ambos sistemas. El resultado principal es que las cartillas de Lea pueden obtener mejores resultados al tener un enfoque visual a través de imágenes.

La agudeza visual media de logMAR en el ojo derecho fue de 0.196 y 0.074 usando la tabla de Snellen y la tabla de símbolos LEA respectivamente. La agudeza visual media de logMAR en el ojo izquierdo fue de 0.144 y 0.064 usando el gráfico de Snellen y el gráfico de símbolos LEA respectivamente. Los valores de P usando la prueba U de Mann Whitney fueron estadísticamente significativos y mostraron que la medición de la agudeza visual con la tabla de símbolos LEA es mejor que la tabla de Snellen (Tabla superior).

La cartilla Lea provee gran certeza al medir agudeza visual en niños a partir de 4 años y una detección fiable de ambliopía. Además, el uso de este test, incrementa la cantidad de líneas visibles (2 aproximadamente) a otros test como logMAR y Landolt C. En el estudio realizado, Lea chart demostró una mejor aceptación y una mejor evaluación cuantitativa del nivel de agudeza visual en comparación con el test de Snellen.

Título: Visual field examination method using virtual reality glasses compared with the Humphrey perimeter

Autor: Tsapakis S, Papaconstantinou D, Diagourtas A, Droutsas K, Andreanos K, Moschos MM, Brouzas D

Año: 2017 (Tsapakis S, 2017)

Palabras clave: confiabilidad, perimetría Humphrey

Conclusión:

El paper describe la implementación de 1 experimento para poder comparar la confiabilidad de resultados entre un alternativo del método de perimetría automatizada Humphrey desarrollado en VR.

El análisis estadístico se realizó en el software InStat versión 3 del software GraphPad. Se usó la correlación no paramétrica Spearman ya que la distribución de valores era no normal.

Los resultados apuntan a que existe una correlación alta ($r=0.808$, $P<0.0001$), esto da pie para concluir que el método es confiable (al menos comparado con el método Humphrey) y es posible para su uso clínico.

En el estudio se analizó la comparativa sólo con el método de perimetría Humphrey, se conoce que el resultado podría variar entre método de perimetría diferente.

Título: Paediatric vision screening in the primary care setting in Ontario

Autor: Tran D. Le, Rana Arham Raashid, Linda Colpa, Jason Noble, Asim Ali, Agnes Wong

Año: 2017

Palabras clave: intervención temprana, pruebas de detección

Conclusión:

Las estrategias para mejorar el examen de la vista son necesarias dado que la intervención temprana es crucial para prevenir causas tratables de pérdida de visión en niños.

Se incluyeron un total de 719 encuestas completadas en el análisis (449 de médicos / médicos de familia y 270 de pediatras).

Se informó que el 65% de los médicos de familia realizaron pruebas de detección de la vista / Médicos generales y el 52% de los pediatras generales en cada visita de niño sano. Mientras se informó que el reflejo rojo era verificado por el 94% de todos los médicos en niños menores de 3 años, solo fue realizado por el 25% de los encuestados para niños mayores de 3. Treinta y siete por ciento de todos los médicos informaron que nunca realizaron una prueba de agudeza visual en cualquier grupo de edad.

Cuando se les preguntó acerca de los obstáculos que les impedían realizar exámenes de visión, falta de capacitación (médicos de familia / médicos de familia: 50%, pediatras: 42%), limitaciones de tiempo (médicos de familia / médicos de familia: 42%; pediatras: 40%) y reembolso inadecuado (médicos de familia / médicos de familia: 17%; pediatras: 15%) fueron las razones más comúnmente citadas.

Título: Smartphone based screening for visual impairment in Kenyan school children a cluster randomised controlled trial

Autor: Hillary K Rono, Andrew Bastawrous, David Macleod, Emmanuel Wanjala, Gian Luca Di Tanna, Helen A Weiss, Matthew J Burton

Año: 2018

Palabras clave: sensibilidad, agudeza, estándar

Conclusión:

Los autores desarrollaron y validaron el Jaeb Visual Acuity Screener (JVAS), un visual informatizado programa de detección basado en la agudeza para niños que emplea un método rápido, enfocado para niños y estandarizado algoritmo para un examen de la vista disponible para descargar sin costo.

La capacidad de prueba de detección para el JVAS fue alta, al 100%. La sensibilidad del JVAS varió de 88% a 91%, y especificidad de 73% a 86%, con un valor predictivo positivo que varía de 66% a 79% y valor predictivo negativo de 92% a 93%.

2.2. Marco Teórico.

- **DETECCION DE MIOPIA**

La miopía es un término médico para referirse a la condición visual que tienen las personas al poder ver objetos de cerca claramente, pero al alejarse dichos objetos pueden verse borrosos. La miopía representa un problema para las personas al ver películas, televisión o hasta manejando. (National Health Service – UK, 2017)

El diagnóstico o detección de problemas refractivos como la miopía, es usualmente hecho por un optometrista. En muchos casos, se usan gotas en la pupila para poder realizar mediciones más precisas. (American Optometric Association, 2016) Durante el diagnóstico se pueden presentar distintos tipos de test, entre ellos:

- Medidas sobre la presión dentro de los ojos
- Revisión sobre los ojos y como trabajan ambos
- Pruebas de agudeza visual, donde se hace la lectura de símbolos o letras de diferentes tamaños

- Retinoscopia, donde se usa una luz para realizar pruebas de cómo reacciona el ojo.

- **REALIDAD VIRTUAL**

Dentro de la extensa literatura, una de las definiciones de Realidad Virtual más completa es la de A.Rowell donde él propone (Rowell A. 2008):

“La Realidad Virtual es una simulación interactiva por computador desde el punto de vista del participante, en la cual se sustituye o se aumenta la información sensorial que recibe”.

Dentro de lo que respecta el concepto de VR, existen tres principios que están presentes en todo sistema de Realidad Virtual.

- Simulación interactiva
- Interacción implícita
- Inmersión sensorial

Simulación interactiva: Un entorno desarrollado en Realidad Virtual es una simulación interactiva, esto es por lo que se distingue con una animación. A diferencia de una animación donde los espectadores son de clase pasiva y no pueden cambiar el curso de las imágenes ya grabadas, en un entorno de VR el usuario no es espectador y tomar parte dentro del entorno al tener la capacidad de moverse por la escena y así afectar directamente el curso de las imágenes.

Interacción implícita: Dentro del ambiente del desarrollo existen dos tipos de interacción la clásica e implícita. La primera es descrita cuando el usuario realiza un tipo de esfuerzo para lograr una acción. Ejemplo: Para poder crear un sistema, se debe seguir una serie de pasos que obligan al desarrollador a recordar ciertos algoritmos de programación o a cómo crear interfaces, etc. Es decir, es interacción clásica cuando se requiere un pequeño esfuerzo.

En contraste, la Realidad Virtual se desarrolla con una interacción implícita. Ejemplo: Para que el individuo pueda moverse en un entorno VR solo debe basarse en sus movimientos naturales (mover la cabeza para el control de la cámara virtual o gestos para manipular objetos). Es decir, no se requiere esfuerzo alguno. Ambas interacciones cuentan con un usuario usando periféricos, la diferencia radica en la percepción que se tiene sobre estos.

Inmersión sensorial: Dentro del ámbito de Realidad Virtual el concepto de Inmersión sensorial se podría describir en la separación del mundo real hacia uno virtual. En pocas palabras es cuando el usuario percibe por completo el entorno virtual y deja atrás el entorno en el que se encuentra. La visión estereoscópica es un punto fundamental del VR para crear inmersión sensorial, ya que con este tipo de visión los objetos logren una fuerte presencia espacial.

- **UNITY**

“Unity se fundamenta en unos objetos llamados GameObjects. La mayoría de los elementos del juego, desde los scripts hasta elementos gráficos suelen depender de ellos. Empezando por el principio, se introduce el concepto Scene. Una Scene es un entorno donde se desarrolla una parte del juego, incluyendo menús, ya que todo debe estar dentro de una. A menos que se especifique lo contrario, todos los elementos contenidos en un Scene se eliminan cuando se cambia a otra Scene.” (Unity User Manual, 2018)

En la imagen que se presenta debajo se puede observar una Scene con unos elementos (personajes, terreno, cámara, iluminación) que formarán parte del juego. Una cuestión importante a tener en cuenta es que el editor sólo es una ayuda, y no por verse bien en la ventana de Scene se va a ver bien en el juego, ni, al contrario, pues pueden existir scripts que cambien

completamente el comportamiento de los elementos de la Scene, incluyendo a la cámara y componentes de renderizado.



Ilustración 4. Escena en el editor de Unity - User Manual, 2018

Dentro de cada Scene se encuentran los GameObjects, que representarán a los diferentes elementos, desde personajes hasta la cámara, y que son la clase básica de Unity. Cualquier componente que queramos que tenga el juego debe estar contenida en un GameObject, siendo un componente de éste. Un símil en Java sería la clase Object. Algunos de los componentes más importantes son el Renderer, que se encarga de que el objeto sea visible, dándole una forma y un color o textura, el Rigidbody y el Collider, que gestionan las colisiones con otros elementos y las características de la física simulada por Unity, el Camera, que es, como indica su nombre, el encargado de renderizar la Scene de acuerdo a su configuración.

Los componentes pueden modificarse mediante código, en un script que modifique los atributos de éstos, lo que permite modificar su comportamiento en tiempo de ejecución, pero si esto no es necesario siempre se puede emplear el inspector de GameObjects, que permite modificarlos de una forma sencilla y sin necesidad de crear un script o de escribir código. (Unity User Manual, 2018)

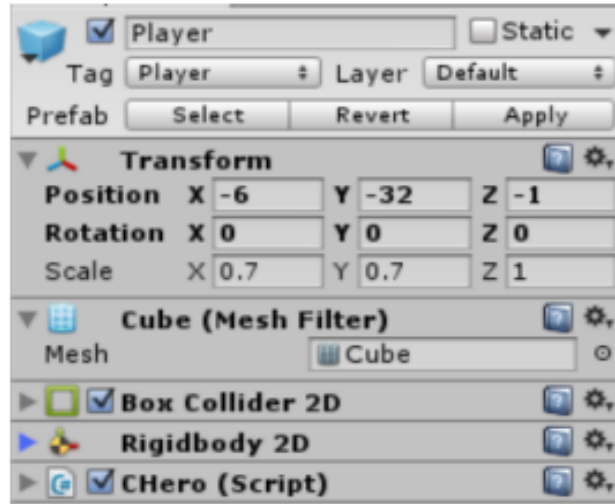


Ilustración 5. GameObject y sus componentes en el inspector - User Manual, 2018

- **TEST DE SNELLEN**

Dentro de lo que respecta una revisión o chequeo sobre salud visual, se realizan una serie de exámenes para filtrar y detectar distintos problemas relacionados. El proceso esta descrito en el siguiente diagrama:

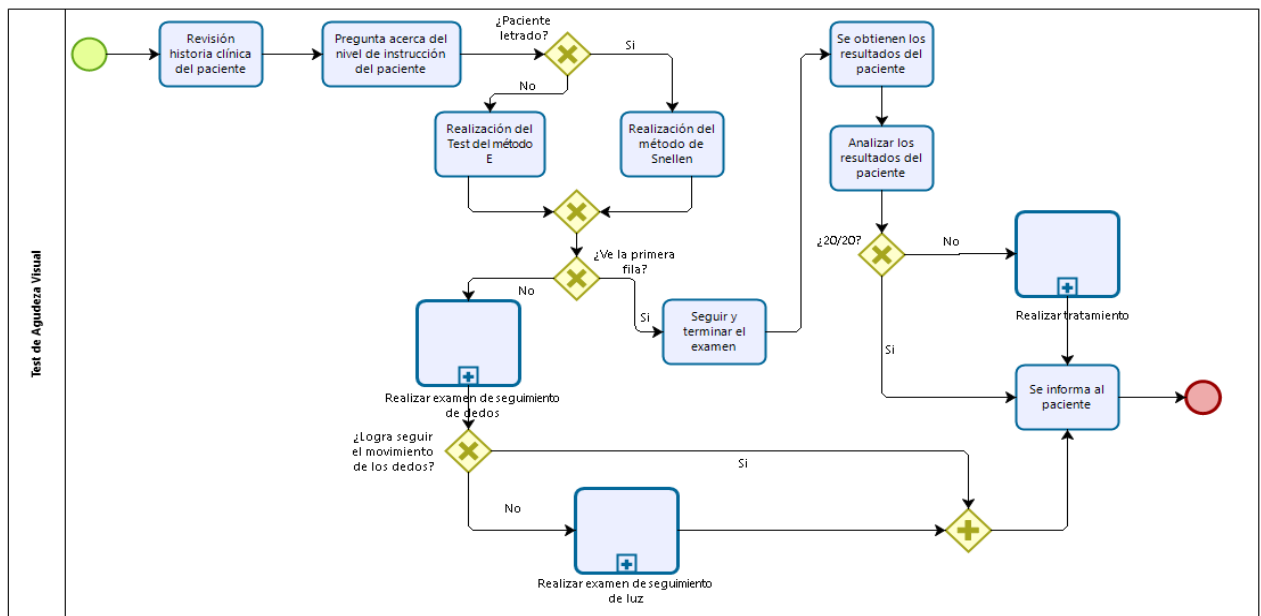


Ilustración 6. Modelado de Procesos del Test de Agudeza Visual

Primero, se revisa la historia clínica del paciente, con el fin de conocer sus antecedentes, tanto en lo que respecta a exámenes de la vista realizadas con

anterioridad, como problemas visuales diagnosticados a algún familiar cercano. Posteriormente, se pregunta a los padres o al paciente el nivel de instrucción del mismo. Si responde que es letrado entonces se realizará el test del método de Snellen. De lo contrario, se realizará el test del método E.

Una vez empezado el test respectivo, si el paciente logra ver la primera fila, el examen se realizará con normalidad hasta finalizarse; si el paciente no logra ver la primera fila, el test se dará por finalizado y se realizará el examen de seguimiento de los dedos, dónde si el paciente no es capaz de seguir el movimiento de los dedos, se realizará el examen de seguimiento de la luz; de lo contrario, el examen de seguimiento de los dedos se realizará con normalidad.

Finalmente, una vez finalizado con los exámenes respectivos, los resultados serán analizados; si el paciente presenta una visión 20/20, entonces se finalizará el examen integral de la visión informando al paciente de los resultados. Si la visión del paciente es menor a 20/20, entonces el paciente tendría que realizar el tratamiento respectivo. Uno de los primeros test realizados es el de agudeza visual, el cual consiste en detectar en qué grado está la capacidad visual del paciente. La herramienta más usada para este paso es la cartilla de Snellen, si el paciente es iletrado o menor a 3 años se usa la cartilla de la E (mesa).

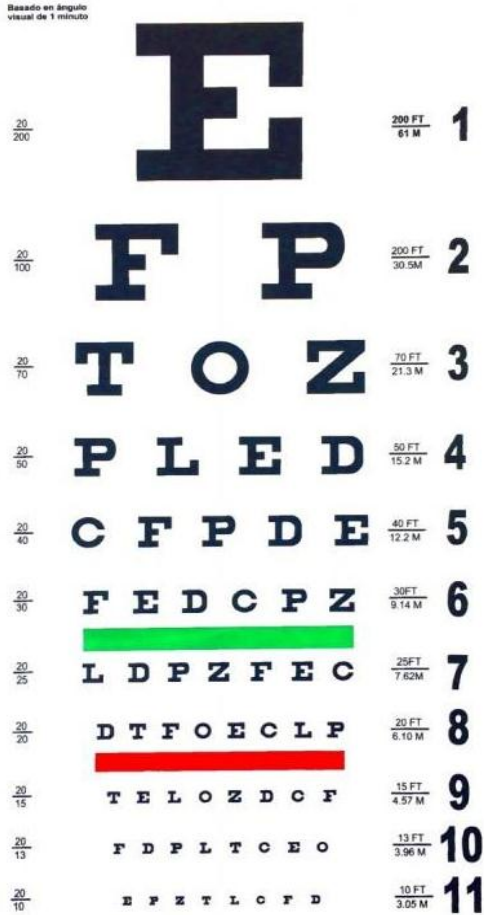


Ilustración 7. Cartilla de Snellen - Herman Snellen, 1862

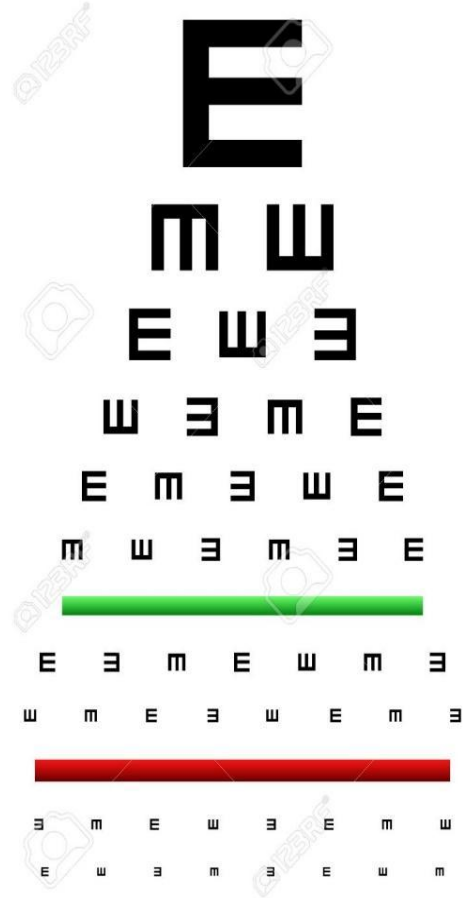


Ilustración 8. Cartilla de E - Hernan Snellen, 1862

La cartilla de Snellen muestra 11 líneas de letras en mayúscula, tras cada línea incrementa, el tamaño de la letra va disminuyendo. Durante el test de Snellen, el paciente visualiza la cartilla a 20 pies o 6 metros de distancia. El área de triaje, solo tiene 3 metros de distancia; pero se usa un espejo para duplicar la distancia. Está comprobado por la Academia americana de Oftalmología, que los resultados son los mismos aplicando este método.



Ilustración 9. Tópico de Clínica oftalmológica “Luz y Vida”

Los resultados del test de Snellen se representan por fracciones, en la siguiente tabla se resumen las medidas por cada fila de letras.

MEDIDA	DECIMAL
20/200	0.10
20/100	0.20
20/70	0.29
20/50	0.40
20/40	0.50
20/30	0.67
20/25	0.80
20/20	1.00

Tabla 4. Medidas del Test de Snellen

El primer número de la fracción significa la distancia en pies de la posición actual a la cartilla (el número no cambia, ya que el test se mantiene en 20 pies); el número inferior significa la distancia con la cual una persona con vista normal reconoce la línea. Una persona con visión 20/20 es una vista promedio; ya que puede visualizar exactamente lo mismo.

Si la visión del paciente es menor a 20/20, se realiza un tratamiento. Dependiendo de la edad de paciente, los tratamientos son diferentes.

- Si el paciente está entre los 3 a 9 años: La capacidad acomodativa, aun en progreso, permite que el paciente pueda ejercitar su visión un ojo a la vez. Antes de que estos errores sean permanentes. Si la práctica de estos ejercicios no mejora, se puede comenzar el uso de gafas.
- Si el paciente es mayor a 9 años: Se recomienda comenzar a usar gafas, si el problema es más severo (catarata, glaucoma, etc.) se debe realizar operación.

2.3. Marco Conceptual.

- **REFRACCIÓN**

La refracción ocurre cuando la luz cambia su dirección al pasar a través de un objeto hacia otro. La visión ocurre cuando los rayos de luz se desvían (son refractados) al pasar a través de la córnea y el cristalino. Esta luz es enfocada luego sobre la retina. La retina transforma la luz en impulsos eléctricos que se envían al cerebro a través del nervio óptico. El cerebro interpreta estos mensajes, convirtiéndolos en las imágenes que vemos. (NEI, 2013).

- **ERRORES REFRACTIVOS**

Los errores de refracción ocurren cuando la forma del ojo evita que la luz se enfoque directamente sobre la retina. El largo (la longitud) del globo ocular (más corto o más largo), cambios en la forma de la córnea o el deterioro del cristalino pueden causar errores de refracción. (NEI, 2013).

- **MIOPIA**

La miopía es un trastorno en que los objetos cercanos se ven con claridad, mientras que los objetos lejanos se ven borrosos. Con la miopía, la luz se enfoca delante de la retina en vez de hacerlo sobre la retina. (NEI, 2013).

- **REALIDAD VIRTUAL**

La realidad virtual, se puede definir como un sistema interactivo que permite sintetizar un mundo tridimensional ficticio realizado por ordenador creando en el usuario una ilusión de realidad. (ITANNOVA, 2016, pág. 10).

- **INMERSIVIDAD**

La inmersividad, se puede definir como “la sensación que tiene el usuario de estar dentro de la experiencia de RV”. Esta sensación de inmersividad es más grande cuanto mayor sea el número de sentidos estimulados por el sistema y cuánto mayor sea la calidad de los estímulos. (ITANNOVA, 2016, pág. 12).

- **UNITY**

Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies. Unity está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, OS X, Linux. La plataforma de desarrollo tiene soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas (Unity User Manual, 2018).

- **TECNOLOGÍA INMERSIVA**

La tecnología inmersiva es la aplicación de la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) en prácticas industriales, educativas, de diseño, marketing y otras. Se trata de que la persona que entre en contacto con esta tecnología se sienta inmersa en este tipo de realidades para lograr objetivos determinados. Mediante la creación de realidades artificiales simuladas, de la reproducción de la propia realidad con elementos visuales o textuales añadidos, así como de la mezcla de ambas (Rowell A., 2008).

- **OPTOTIPO**

En optometría, es una figura o símbolo que se utiliza para medir la agudeza visual, por lo cual, en su diseño se tiene en cuenta los principios fisiológicos de la agudeza visual. Para esto, la figura está compuesta por varios rasgos, cada uno de los cuales debe subtender un ángulo determinado a una distancia dada. (Martim & Vecilla, n.d.).

- **TEST DE LEA**

El test de LEA se realiza principalmente a niños de edad preescolar, utilizando cartillas con los símbolos de LEA, desarrollada en 1976 y llamada así en honor a su inventora Lea Hyvärinen de Finlandia. Usa una serie de optotipos simbólicos de una manzana, una casa, un cuadrado y un círculo. Existen varias versiones para visión lejana, cercana, sensibilidad al contraste, ambliopía y daño cerebral (Repka, 2002; Messina, 2006).

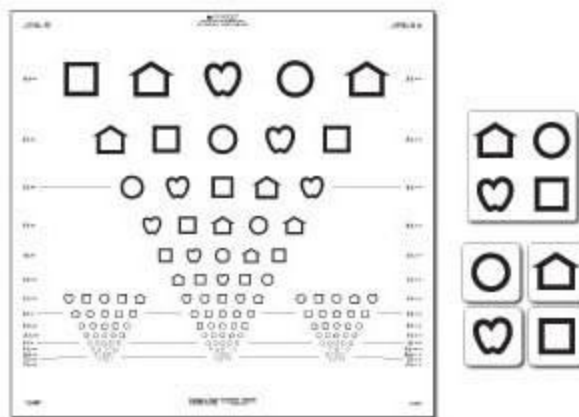


Ilustración 10. Test de Lea - Lea Hyvarinen, 1976

- **ERRORES REFRACTIVOS ESFÉRICOS**

Los errores de refracción incluyen la miopía (miopía) y la hipermetropía (hipermetropía) con o sin astigmatismo (cuando un ojo solo puede enfocar bruscamente una línea en un meridiano). (Hunter's Tropical Medicine and Emerging Infectious Disease (Ninth Edition), 2013).

- **HMD**

Una pantalla usada en la cabeza para proporcionar una vista de una escena generada por computadora. Asumo HMD binoculares estereoscópicos con proyecciones de perspectiva apropiadas, aunque también existen HMD no estereoscópicos: HMD monoculares que muestran una imagen a un ojo o HMD binoculares que muestran una imagen a ambos ojos (Wayne Arthur, 2000).

- **logMAR**

Hoy en día, la notación logMAR se considera la mejor medición de escala para la agudeza visual, en comparación con la de Snellen. El término logMAR significa \log_{10} del ángulo mínimo de resolución, donde el ángulo mínimo de resolución (MAR) representa el tamaño angular del detalle más pequeño reconocible en un optotipo, es decir, el ángulo visual en el que aún se pueden distinguir dos características por separado (Panfili & Wimmer, 2019).

- **AGUDEZA VISUAL DINÁMICA**

Describe la capacidad de resolver visualmente sutiles detalles espaciales de un objeto cuando el objeto, el observador, o ambos, están en movimiento (Miller & Ludvigh, 1962). El Diccionario de Ciencias Visuales define como la habilidad de discriminar detalles de un objeto cuando existe movimiento relativo entre dicho objeto y el observador (Cline, Hofstetter, & Griffin, 1980).

- **AGUDEZA VISUAL ESTÁTICA**

Es la habilidad visual más frecuentemente evaluada y analizada a nivel clínico. Los optotipos más utilizados para medir la agudeza visual estática son las letras de Snellen y la C o anillo de Landolt tests de más de 100 años (Artigas et.al.,1995) y otros más recientes (Ginsburg, 1984; Pelli, Robson & Wilkins, 1988).

- **VISIÓN BINOCULAR**

Es el resultado del proceso retino-cortico-geniculador por el cual elabora una sensación visual como respuesta a una excitación eléctrica (luz) o mecánica (presión) de un punto o área retiniana. Su desarrollo normal es un proceso lento y gradual que se inicia con el nacimiento y alcanza su plenitud alrededor de los 4 a 5 años de edad. (Adiestramiento para Optometristas 2 - Modulo 4, 2016)

2.4. Sistema de Hipótesis.

- Variable Independiente (VI): Aplicación de Realidad Virtual utilizando Unity.
- Variable Dependiente (VD): Proceso de detección de miopía en niños de entre 5 a 9 años en el centro educativo particular Nuestra Señora del Perpetuo Socorro en el año 2019.

2.4.1. Indicadores

2.4.1.1. Variable Independiente

- Confiabilidad
- Usabilidad
- Satisfacción del usuario

2.4.1.2. Variable Dependiente

- Tiempo de detección
- Efectividad

Variable	Indicadores	Subindicadores	Índices	Escala de Medición
VI Aplicación de Realidad Virtual utilizando Unity	Confiabilidad	Resultados de usuarios	Nº de test/ Detecciones realizadas	Nº, %
		Resultados oportunos	Nº de detecciones / Calidad	
	Usabilidad	Test de Usabilidad	Nº de resultados aprobados/ Nº de indicadores esperados	
	Satisfacción	Resultados de satisfacción de usuarios	Nivel de satisfacción	
Exactitud del Modelo predictivo		Errores	Nº Errores	
		Porcentaje de exactitud	Nº de agentes / Nº Errores	
VD Proceso de detección temprana de miopía en niños de entre 5 a 9 años en el centro educativo particular Nuestra Señora del Perpetuo Socorro en el año 2019.	Tiempo de detección	Tiempo de método detección	Corto – Largo –Regular	Nº, %
Efectividad		Detecciones hechas	Positivo - Negativo	
		Comparación con método tradicional	Bueno – Regular – Malo	
		Confianza	SI - NO	

Tabla 5. Matriz de operacionalización de Variables

A continuación, se presentará la metodología usada, en cuanto al tipo de investigación realizada, la población y muestra escogida, las técnicas e instrumentos utilizados y las pruebas las realizadas para el procesamiento y análisis y datos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. De acuerdo a la orientación o Finalidad:

- Aplicada.

3.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación:

- Cuasi experimental – Longitudinal.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

Proceso de detección temprana de problemas de miopía en los niños de nivel primario en el Centro Educativo Privado “Nuestra Señora del Perpetuo Socorro”.

3.2.2. Muestra

Proceso de detección temprana de problemas de miopía en los niños de nivel primario de entre 5 y 9 años en el Centro Educativo Privado “Nuestra Señora del Perpetuo Socorro” en el mes de noviembre en el año 2019.

3.3. Diseño de Investigación

Para el estudio de las tendencias se realizarán observaciones, uno para el grupo experimental y uno para el grupo control, con la finalidad de comprobar la efectividad del sistema en relación a la finalidad que cumple.

	Grupo	Pre – prueba	V. Independiente	Post - prueba
(R)	G	O ₁	X	O ₂

Donde:

G = grupo de estudio

O_1 = aplicación de la pre-prueba

X = variable independiente o
experimental

O_2 = aplicación de la post-prueba.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

- Técnicas
 - Observación: Ver sobre la existencia de problemas visuales en estudiantes.
 - Cuestionarios: Con los estudiantes, padres de familia y profesores sobre los problemas visuales.
 - Encuestas (Encuesta): Para obtener de primera fuente testimonios relacionados a la miopía y su detección.
 - Implementación: Para la validación de los objetivos de la aplicación se desplegará la aplicación en la población y muestra específica.
- Instrumentos
 - Guía de observación.
 - Guía de observación (Principios de usabilidad)
 - Cuestionarios
 - Herramientas de Software (Visual Studio, Unity).

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Debido los resultados obtenidos de la prueba Shapiro Wilk realizado en el punto **5.2. Normalización**, se realizará una prueba paramétrica la cual es correlación de Pearson.

El siguiente capítulo mostrará los resultados obtenidos por la realización de cada uno de los objetivos específicos planteados con anterioridad, pasando desde el aprendizaje del proceso, el desarrollo del producto y la validación del mismo.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Proceso de detección de la miopía tradicional en la clínica oftalmológica “Luz y Vida”.

4.1.1. Análisis e interpretación de resultados

Se plantea realizar una revisión el estudio, método práctico y posterior análisis del test tradicional de agudeza visual. Para ello, visitamos la clínica oftalmológica “Luz y Vida”, ubicada en el Av. Mansiche cdra. 20, el día 11 de Setiembre de 2019. La clínica acepta con el soporte metodológico y practico con una previa constancia firmada.

Junto a la Dra. Harumi Kuroda, oftalmóloga con especialidad en oftalmopediatría, y sus colaboradores aprendimos y realizamos el test de agudeza visual a 20 niños de entre 6 a 12 de edad. Además de lo aprendido, realizamos el test por nuestra parte, durante la V Feria de Ciencia, tecnología e innovación (UPAO) a una cantidad de 100 alumnos de diversos colegios durante los días 12 y 13 de Setiembre de 2019. Esto fueron los resultados obtenidos del estudio realizado.

4.1.1.1. Practica guiada (Clínica Luz y Vida)

- **Experiencia de usuario**

Luego de la explicación teórica del test de Snellen, se procedió a realizar mediciones con 20 pacientes de entre 6 a 12 años de edad. Durante el proceso de medición, se tomaron apuntes sobre la experiencia del paciente durante el test, a través de 2 guías:

- ✓ Guía de observación POEMS

- ✓ Mapa de empatía (Design thinking)
- ✓ Guía de observación POEMS

La guía de observación de contempla 5 aspectos importantes de la actividad: Personas, objetos, entorno, mensajes y servicios.

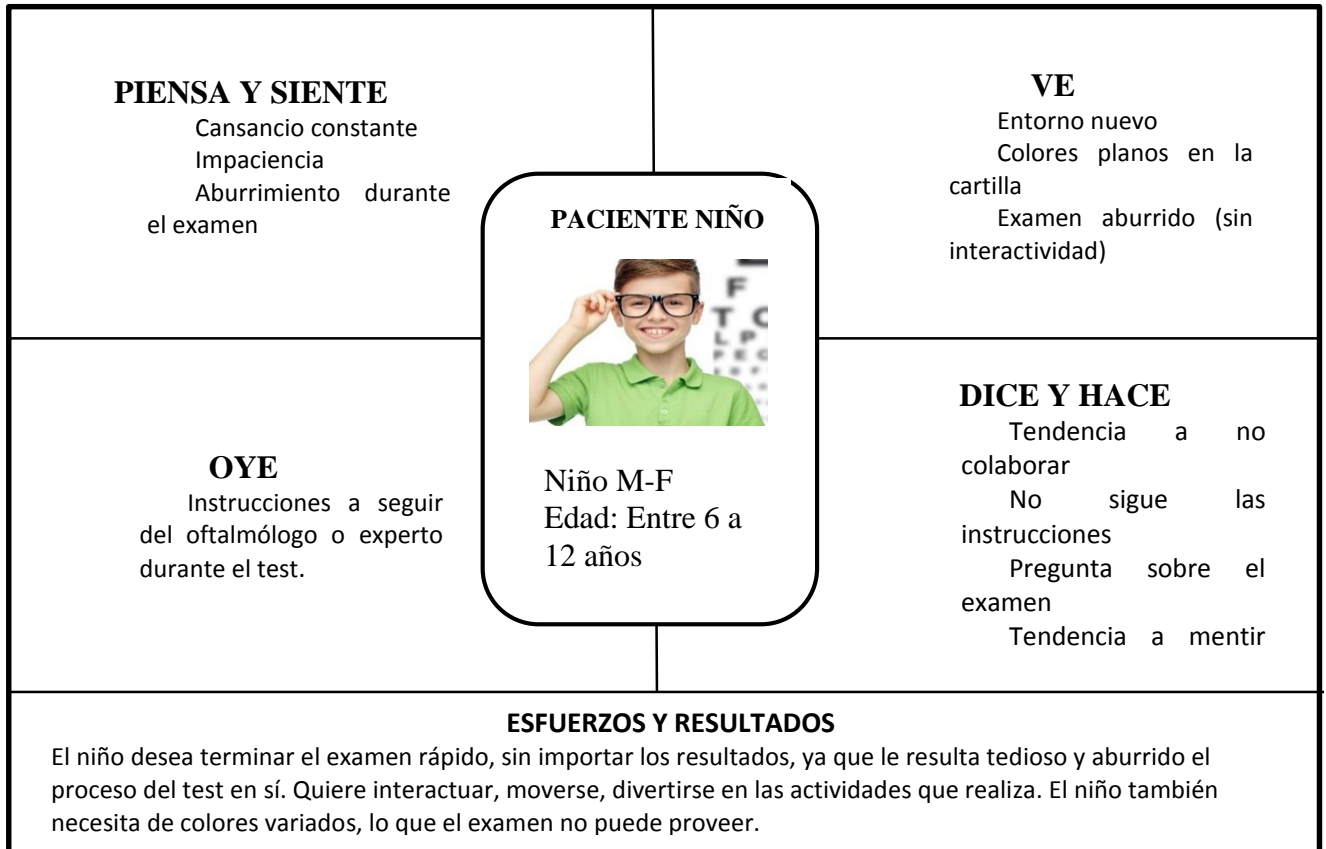
Tabla 6. Guía de Observación del proceso de detección de Agudeza Visual

NOMBRE DE ACTIVIDAD: Detección de agudeza visual		ACTIVIDAD: Examen de Agudeza visual		LOCACIÓN: Clínica Luz y Vida	
TIEMPO: Entre 5 a 10 min. Por paciente. El retraso es común dependiendo de la capacidad de atención del paciente.			FECHA: 11 de Setiembre de 2019		
ACTIVIDAD DETALLADA: El paciente se sentará a 20 pies (6 metros) de la cartilla de Snellen; luego se procederá a indicar fila por fila preguntando si le es posible visualizarla. Hasta que el paciente indique que no puede visualizar más, se procede a tomar los resultados y analizarlos posteriormente.					
POBLACIÓN		OBJETOS	ENTORNO	MENSAJE	SERVICIO
Se realizó el test de agudeza visual a 20 pacientes niños de entre 6 a 12 años de edad.		<ul style="list-style-type: none"> • Cartilla de Snellen • Agujero estenopeico • Bitácora para mediciones 	<p>El test se realizó en el área de Triage, en la clínica Luz y Vida.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente Cerrado • Limpio • Hermético • Iluminado 	<p>El niño en la mayoría de casos demuestra impaciencia, aburrimento.</p> <p>Muchos de los casos realizados pierden el interés al comienzo del test.</p> <p>Cuando los niños no pueden visualizar las letras tienden a adivinarla.</p>	<p>La clínica Luz y Vida presta los servicios del área de Triage para el despistaje de errores visuales, basados en varios test.</p> <p>Además de ellos presta servicios de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Operación correctiva visual • Óptica • Chequeos clínicos • Oftalmopediatria
<table border="1"> <tr> <td>F</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>12</td> </tr> </table>					
F	8				
M	12				
COMENTARIOS SOBRE LA EXPERIENCIA DE USUARIO				IDEAS CLAVE	
<ul style="list-style-type: none"> • Es importante recalcar que la atención del niño es crucial para obtener buenos resultados sobre el test de agudeza visual. • Los niños tienden a tener orgullo, lo que dificulta obtener los datos cuando estos no pueden visualizar la cartilla. 				<p>El test de agudeza visual es crucial para el despistaje de errores visuales.</p> <p>La falta de interactividad del test, hace que el niño se ponga impaciente.</p>	

✓ Mapa de empatía (Design thinking)

Para resumir la experiencia del actor (paciente niño) también realizamos un mapa de empatía.

Tabla 7. Mapa de Empatía del proceso de detección de Agudeza Visual



▪ **Resultados de mediciones**

Los pacientes atendidos fueron registrados, dando como resultado el siguiente cuadro de datos:

Tabla 8. Registro de pacientes atendidos

GE N	MEDID A-I1	MEDIDA- I2	MEDIDA-I3	FIL A-I1	FIL A-I2	FIL A-I3	Error absoluto	Error relativo	Error porcentual	DIAGNOSTICO
F	20/30	20/20	20/25	6	8	7	0.156	0.233	23.333%	Anomalía
F	20/20	20/20	20/25	8	8	7	0.067	0.067	6.667%	No Anomalía
F	20/20	20/25	20/20	8	7	8	0.067	0.067	6.667%	No Anomalía
M	20/25	20/25	20/25	7	7	7	0.000	0.000	0.000%	Anomalía
M	20/20	20/30	20/15	8	6	0	0.222	0.222	22.222%	No Anomalía
M	20/50	20/40	20/40	4	5	5	0.067	0.167	16.667%	Anomalía
M	20/20	20/20	20/20	8	8	8	0.000	0.000	0.000%	No Anomalía
M	20/30	20/30	20/30	6	6	6	0.000	0.000	0.000%	Anomalía
M	20/40	20/30	20/40	5	6	5	0.056	0.111	11.111%	Anomalía
M	20/25	20/25	20/25	7	7	7	0.000	0.000	0.000%	Anomalía
F	20/20	20/20	20/25	8	8	7	0.067	0.067	6.667%	No Anomalía
M	20/25	20/30	20/25	7	6	7	0.044	0.056	5.556%	Anomalía
F	20/20	20/20	20/20	8	8	8	0.000	0.000	0.000%	No Anomalía
M	20/25	20/25	20/25	7	7	7	0.000	0.000	0.000%	Anomalía
M	20/30	20/20	20/25	6	8	7	0.156	0.233	23.333%	No Anomalía
M	20/40	20/40	20/30	5	5	6	0.056	0.111	11.111%	Anomalía
M	20/20	20/25	20/20	8	7	8	0.067	0.067	6.667%	No Anomalía
F	20/25	20/25	20/20	7	7	8	0.067	0.083	8.333%	No Anomalía
F	20/50	20/50	20/40	4	4	5	0.033	0.083	8.333%	Anomalía
F	20/20	20/30	20/25	8	6	7	0.178	0.178	17.778%	No Anomalía
PROMEDIO									8.722%	

Como se muestra en la tabla anterior, se puede notar una variación casi constante entre las medidas resultantes del examen de medición, encontrándose así un error porcentual promedio de 8.722%. Por lo que el test de Snellen o de medición de agudeza visual tiene una precisión de al menos 91.3%. Otro aspecto a recalcar es que el 50% de los pacientes atendidos sufre de algún problema de agudeza visual.

El análisis de los datos dio como resultado los siguientes cuadros estadísticos:

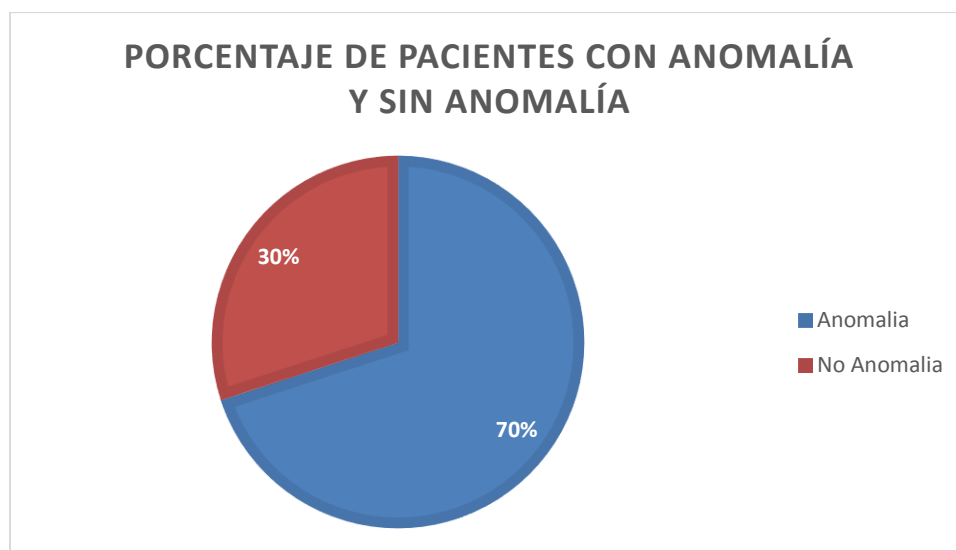


Gráfico 1. Porcentaje pacientes con anomalía y sin anomalía

En el gráfico 1 se puede observar que, del total de 20 pacientes revisados, la mayor parte de los pacientes (14 pacientes o el 70%), sufre de algún problema de agudeza visual

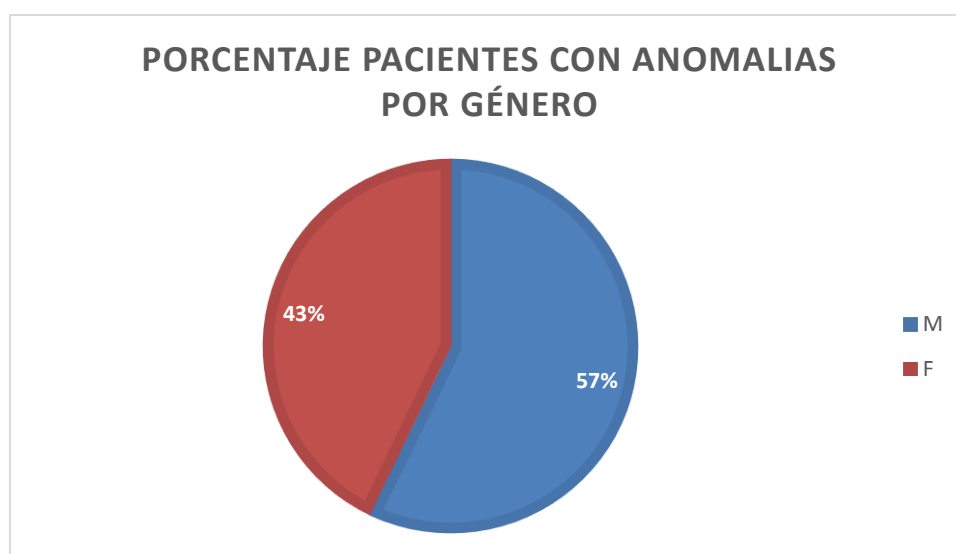


Gráfico 2. Porcentaje de Pacientes con Anomalías, por género

Al separar el total de pacientes con anomalías visuales, por edades, se descubrió que el género con mayores incidencias, fueron los hombres, con el 57% del total; mientras que las mujeres quienes presentaron alguna anomalía visual equivalen al 43% del total.

4.1.1.2. Practica no guiada (V Feria de Ciencia, tecnología e innovación - UPAO)

Durante la V Feria de Ciencia, tecnología e innovación, realizada en el campus UPAO-Trujillo, pudimos realizar el test de agudeza visual, aprendida previamente en la Clínica Luz y Vida. Se tomó el examen a una muestra de alrededor de 101 participantes.



Ilustración 11. V Feria de Ciencia, tecnología e innovación - UPAO

Los participantes se registraron, para realizar los siguientes análisis estadísticos (Anexo VII).

- **Muestra por Edad**

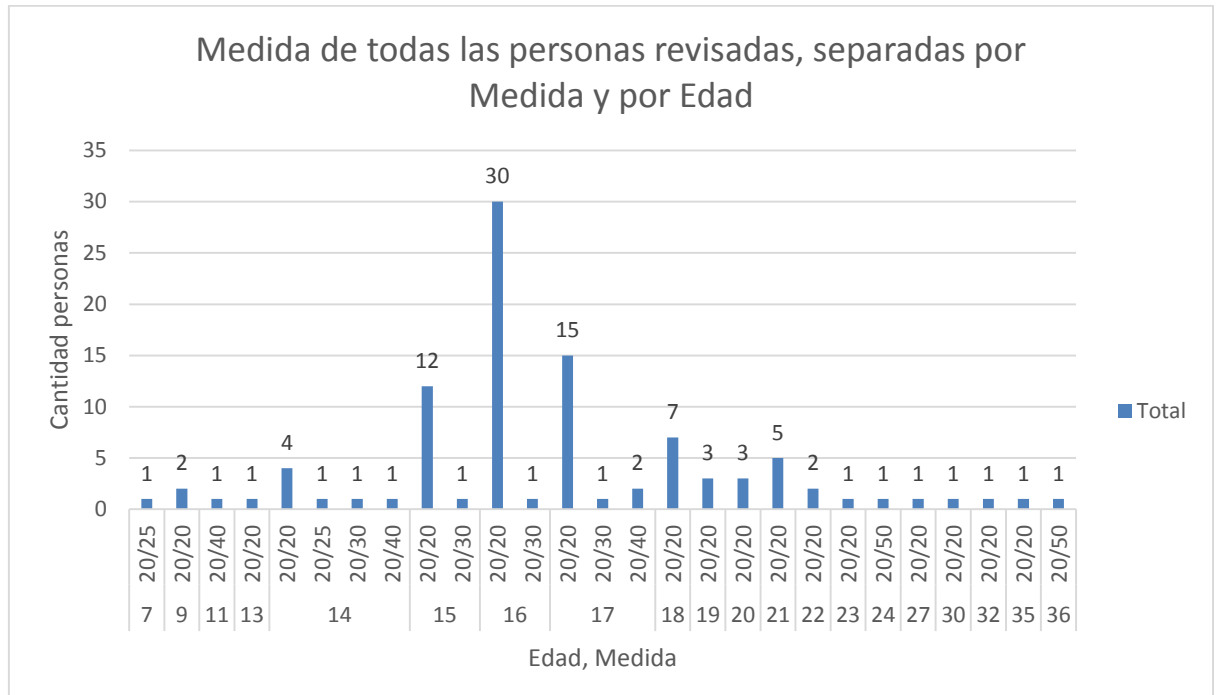


Gráfico 3. Medida de todas las personas revisadas, separadas por medida y por edad

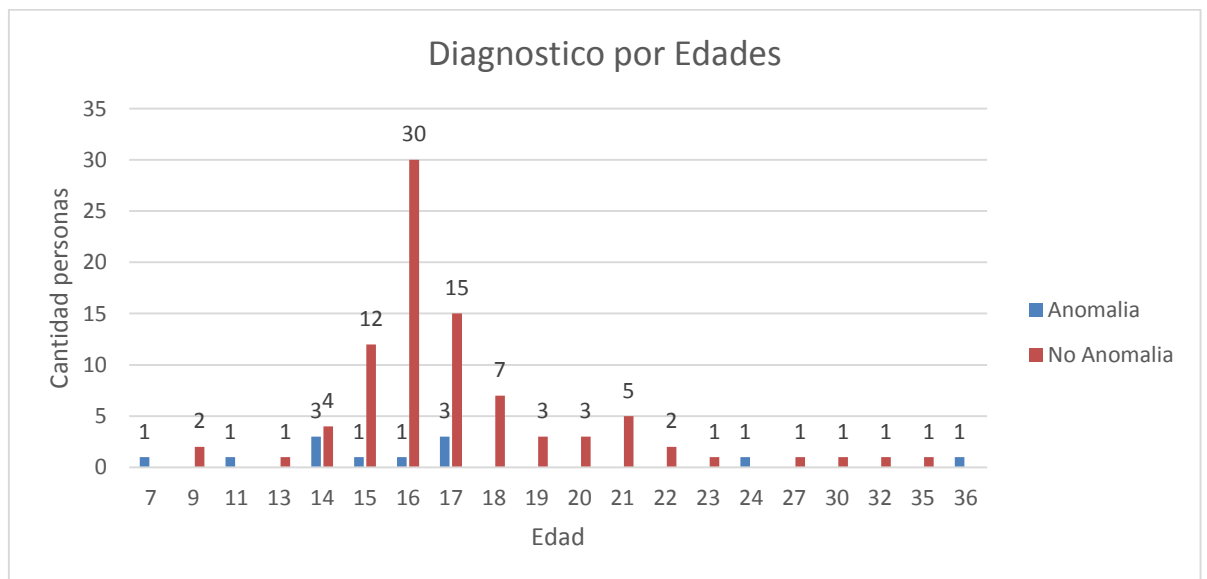


Gráfico 4. Diagnóstico por edades

De las 101 personas revisadas durante el transcurso de la V Feria de Ciencia, tecnología e innovación, se obtuvo que la medida con mayor ocurrencia entre las distintas edades fue **20/20**; en otras palabras, no presentan alguna anomalía visual. Además, se puede observar que la mayoría de casos donde se evidenció alguna

anomalía visual (12 casos), las personas tienen 14 años o más, donde en la edad de 14 años, es la cual más casos de anomalías visuales se encontraron (**3 casos**), al igual que en la edad de 17 años, seguido de 7, 15, 16 y 36 años con un caso cada uno.

- **Muestra por Género**

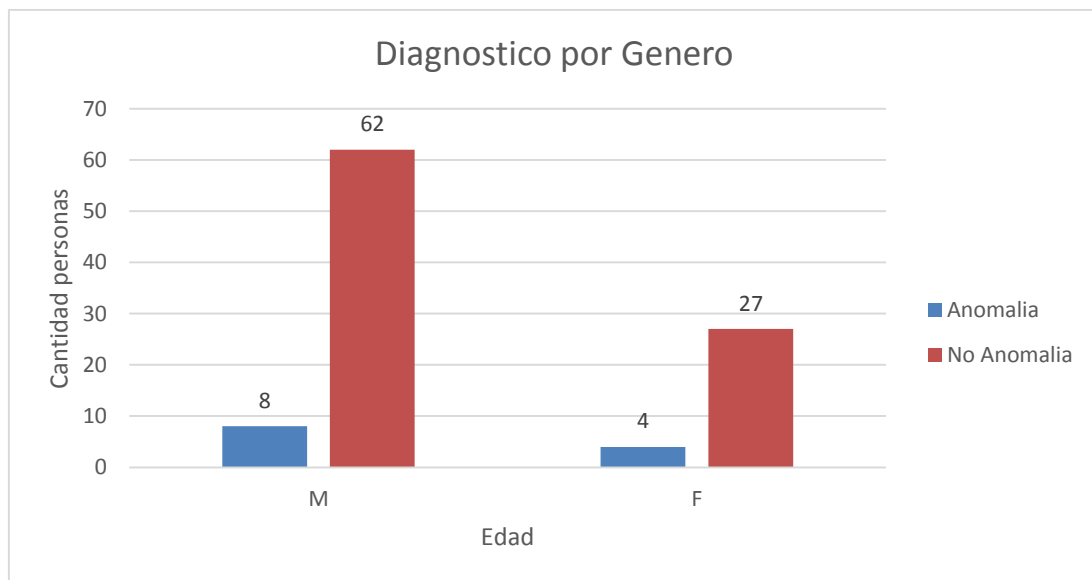


Gráfico 5. Diagnóstico por género

De las 101 personas revisadas durante el transcurso de la V Feria de Ciencia, tecnología e innovación, 70 son hombres y 31 mujeres. De los cuales se puede observar la misma tendencia, la medida con mayor ocurrencia fue **20/20**, 62 casos encontrados entre los hombres y 27 casos entre las mujeres. Por otro lado, con lo que respecta a los casos con anomalías visuales, entre los hombres se encontraron solo 8 de 64 casos y en las mujeres solo 4 de 27 casos. Dando un total de 12 casos.

- **Muestra por Medida**

De los 100 participantes se pudieron detectar 12 que tenían errores no detectados previamente.

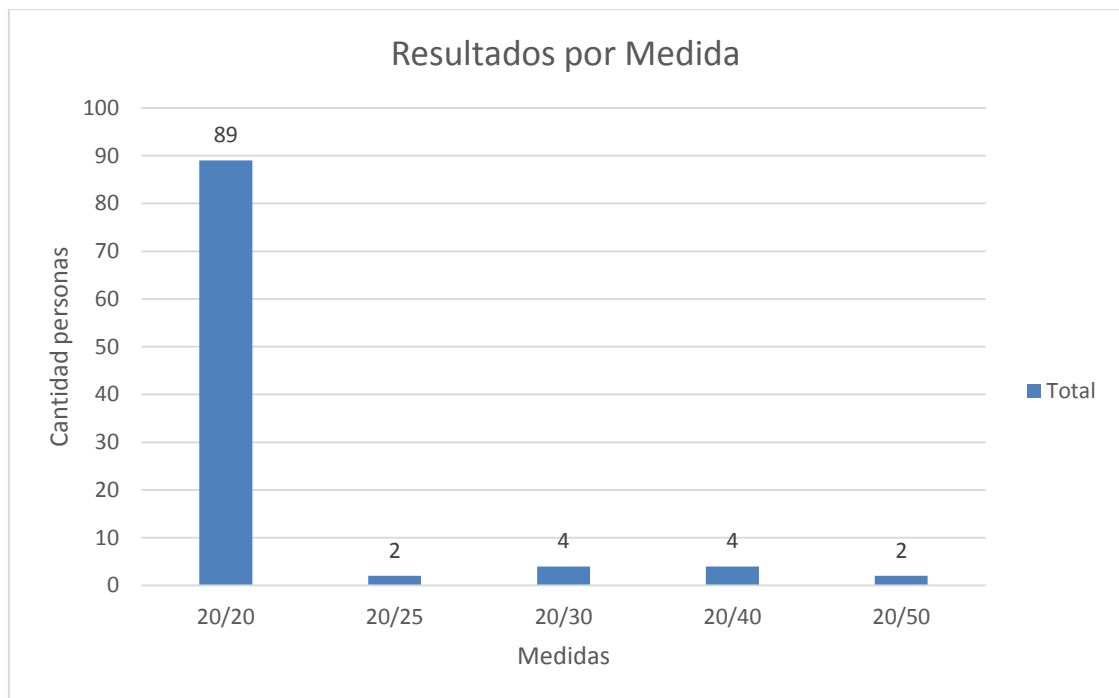


Gráfico 6. Resultados por Medida

De las 101 personas revisadas durante el transcurso de la V Feria de Ciencia, tecnología e innovación, la medida con mayor ocurrencia fue **20/20**, con 89 casos encontrados; seguido esto, de **20/30** y **20/40** con 4 casos encontrados, y finalmente con **20/25** y **20/50**, con 2 casos encontrados por cada uno.

4.1.2. Interpretación

Es importante tener un conocimiento integral en cuanto al problema y el proceso tradicional de Agudeza visual. La aplicación, la cual es el producto final del proyecto de esta investigación, está enfocada para usuarios que son niños; el estudio que se ha realizado tanto teórico y práctico esta interrelacionado con los procesos por los que ellos pasan.

Es claro entender la problemática cuando es explicada a través de los expertos en el tema, como son los oftalmólogos. Pero entender la realidad desde los mismos niños, fue un proceso fructífero del cual empatizamos con ellos y pudimos entender a profundidad cual era el problema (este proceso fue llevado a cabo durante la práctica guiada dentro del Centro Oftalmológico “Luz y Vida”).

Por lo tanto, el objetivo 1 es el punto de partida para la investigación al ser la base de todo el desarrollo que llevaremos a cabo las siguientes semanas. Al poder realizar la etapa de Empatía junto a expertos y a los usuarios en cuestión, pudimos recopilar suficiente información para el entendimiento de la realidad problemática y una posible solución.

4.2. Análisis y diseño de la aplicación de Realidad Virtual en Unity para la obtención de artefactos utilizando el lenguaje UML.

4.2.1. Fundamentación

Las principales razones del uso de la metodología SCRUM para el diseño y desarrollo del sistema de Realidad Virtual:

- Entregas continuas al cliente de los requerimientos finalizados.
- Es posible que el sistema incorpore más funcionalidades de las indicadas inicialmente.

- Es posible que durante el desarrollo del sistema el orden de entrega deseado de las historias de usuario terminadas sea alterado.

4.2.2. Definición de Roles

Debido a que el recurso humano se limita a dos desarrolladores para el desarrollo del sistema, cada uno tomó distintos roles para la conformidad del desarrollo de las actividades planeadas en cada sprint.

Product Owner: Edson Waku Campos, es el encargado de representar a todas las personas involucradas en el proyecto, tanto internas como externas, actúa como canal de comunicación entre el Scrum Team y los stakeholders, administra el product backlog, prioriza las historias de usuario, además define los objetivos del producto.

Scrum Master: Bruno Camacho Vega, es el encargado de liderar a todo el equipo, encaminándolos a un solo objetivo. Además, es el encargado de velar por la finalización de la lista de requerimientos de cada sprint antes de continuar con el siguiente y protege al equipo de interrupciones externas que pueda tener el equipo para alcanzar los objetivos de cada sprint.

Scrum Team: Grupo de personas conformadas por Edson Waku Campos y Bruno Camacho Vega, los cuales son personas comprometidas con el grupo de trabajo, se hacen responsables durante todo el proyecto del trabajo que realizan, tanto en la finalización de los objetivos del proyecto como en la calidad del mismo, cada miembro del equipo es proactivo, auto asignándose tareas y se realiza un estimado de tiempo y esfuerzo para ejecutarlas.

4.2.3. Historias de Usuario

En base a las entrevistas realizadas a la oftalmóloga, la dra. Harumi Kioko, se han detectado los siguientes requerimientos (**Anexo VIII**):

- **Requerimientos funcionales**

Tabla 9. Requerimientos funcionales del sistema

ID	Requerimiento	Prioridad
RQC 1	Crear entorno virtual	2
RQC 2	Detectar problemas de agudeza visual	3
RQC 3	Detectar problemas de daltonismo	3
RQC 4	Medir agudeza visual	3
RQC 5	Crear base de datos	4
RQC 6	Crear sitio web de reportes	4
RQC 7	Crear pacientes	4
RQC 8	Editar datos del paciente	5
RQC 9	Guardar información del paciente	5
RQC 10	Seleccionar paciente	5

Del análisis de la entrevista, se detectaron al menos diez requerimientos funcionales, los cuales son presentados en la tabla anterior. Para ordenar estos requerimientos, a cada uno se le dio un valor, representado en números que varían entre el 1 y el 5 (1 = Poca prioridad y 5 = Alta prioridad). Estos números representan el grado de prioridad que tenga el cliente para el cumplimiento de cada requerimiento.

- **Requerimientos no funcionales**

Tabla 10. Requerimientos no funcionales del sistema

ID	Requisito
NFR 1	Escenarios entretenidos para el niño.
NFR 2	Contraste de colores adecuados para la visión de los niños.
NFR 3	Paleta de colores adecuados para la visión de los niños.
NFR 4	Nivel de juego escalable.

En la tabla anterior se muestran los requerimientos no funcionales detectados durante la entrevista con la Dra. Harumi. A diferencia de los requerimientos funcionales, el cumplimiento de todos los requerimientos no funcionales es indispensable para la satisfacción completa del cliente, por lo cual no se agregaron valores de prioridad.

Una vez identificados tanto los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, se procedió a definir las historias de usuario, en base a los requerimientos funcionales definidos. Dando como resultado las historias de usuario, donde se describe lo siguiente: el nombre de cada historia, el usuario de quien se obtuvo el requerimiento, la iteración o sprint en el cual se realizará el requerimiento, la prioridad por parte del usuario, la complejidad de desarrollo, la descripción de la historia y las observaciones que se puedan tener con respecto a especificaciones del desarrollo de la misma. A continuación se presentan las historias de usuario más importantes, siendo la más resaltante, la historia de usuario **Nº3: Detectar problemas de agudeza visual:**

Tabla 11. Historia de Usuario N°1

Historia de Usuario	
Número: 1	Nombre: Seleccionar paciente
Usuario: Oftalmólogo	
Modificación de historia Número: 1	Iteración Asignada: 1
Prioridad en Negocio: Alta (Alto / Media / Baja)	Puntos Estimados: 1
Riesgo en Desarrollo: Baja (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales: 1
Descripción:	
Como usuario deseo que la aplicación de realidad virtual tenga la opción de seleccionar la paciente que se desea que realice el test. Se mostrarán una lista con los DNI's de los pacientes.	
Observaciones:	

Tabla 12. Historia de Usuario N°3

Historia de Usuario	
Número: 3	Nombre: Detectar problemas de agudeza visual.
Usuario: Oftalmólogo	
Modificación de historia Número: 1	Iteración Asignada: 1
Prioridad en Negocio: Alta (Alto / Media / Baja)	Puntos Estimados: 5
Riesgo en Desarrollo: Alta (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales: 5
Descripción:	
Como usuario deseo que el juego de realidad virtual detecte si el paciente presenta algún problema, con respecto a su agudeza visual. Guardar cada interacción que presente anomalías por parte del paciente en el entorno virtual. Tal como lapsos de tiempo más largo de lo común	

para tomar una decisión, errores demasiados continuos e intento de acercamiento mayor a lo permitido repetitivamente.

Estos resultados deben guardarse en la base de datos, y cada resultado debe ser guardado como historial del paciente. Para esto mismo, el escenario debe tener buena iluminación, cuidado de contrastes y saturación.

Observaciones:

Tabla 13. Historia de Usuario N°4

Historia de Usuario	
Número: 4	Nombre: Medir agudeza visual del paciente.
Usuario: Oftalmólogo	
Modificación de historia Número: 1	Iteración Asignada: 2
Prioridad en Negocio: Medio (Alto / Media / Baja)	Puntos Estimados: 2
Riesgo en Desarrollo: Alto (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales: 2
Descripción:	
Como usuario deseo que el juego mida la agudeza visual de cada paciente, mostrando el nivel de agudeza visual que corresponde al paciente. El resultado de la medición es la medida del paciente. Estos resultados deben mostrarse como la medida del paciente en el formato estándar, mediante decimal, por ejemplo: 0,25 o 1.00.	
Esta medida debe guardarse en la base de datos, y cada resultado debe ser guardado como historial del paciente. Para esto mismo, el escenario debe tener buena iluminación, cuidado de contrastes y saturación.	
Observaciones:	

Tabla 13. Historia de Usuario N°5

Historia de Usuario

Número: 5 Nombre: Guardar información acerca del paciente.

Usuario: Oftalmólogo

Modificación de historia Número: 1 Iteración Asignada: 2

Prioridad en Negocio: Media
(Alto / Media / Baja) Puntos Estimados: 2

Riesgo en Desarrollo: Medio
(Alto / Medio / Bajo) Puntos Reales: 2

Descripción:

Como usuario deseo que cada paciente presente su propio usuario dentro del juego de realidad virtual, para poder observar el progreso del paciente a medida que se realiza el examen de la visión. Cada usuario debe tener su propio nombre de usuario y contraseña.

Para cada cuenta de usuario se debe guardar el avance en el juego: Nivel en el cuál se quedó y resultados del paciente hasta ese momento.

Observaciones:

Tabla 14. Historia de Usuario N°10

Historia de Usuario	
Número: 10	Nombre: Guardar progreso en el juego.
Usuario: Oftalmólogo	
Modificación de historia Número: 1	Iteración Asignada: 3
Prioridad en Negocio: Alta (Alto / Media / Baja)	Puntos Estimados: 2
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales: 3
Descripción:	

Como usuario deseo que el avance del progreso de cada paciente en el juego se guarde automáticamente, para que en la próxima sesión el paciente pueda comenzar en el nivel y localización en el cual se quedó. Esta característica solo estará habilitada en casos de entrenamiento de la vista.

Observaciones:

Tabla 15. Historia de Usuario N°7

Historia de Usuario	
Número: 7	Nombre: Reportar resultados luego de cada sesión
Usuario: Oftalmólogo	
Modificación de historia Número: 1	Iteración Asignada: 3
Prioridad en Negocio: Alta	Puntos Estimados: 4
(Alto / Media / Baja)	
Riesgo en Desarrollo: Medio	Puntos Reales: 4
(Alto / Medio / Bajo)	
Descripción:	
Como usuario quiero observar y recibir los reportes de los resultados de cada paciente una vez finalizada la sesión respectiva del juego. En estos reportes se debe especificar la agudeza visual del paciente, junto con sus datos personales, tales como nombre completo y edad. Estos resultados serán enviados a una base de datos local, para luego mostrarlas en una aplicación móvil externa, utilizando Android.	
Observaciones:	

4.2.4. Product Backlog

Se construyó el product backlog enlistando las historias de usuario definidas anteriormente, especificando la prioridad que tenga el cliente para el desarrollo del requerimiento (alta, media o baja), la estimación de la dificultad

que implica el desarrollo de la historia (entre 1 y 5) y en que sprint se realizará (1, 2 o 3). El product backlog finalizado es el presentado a continuación:

Tabla 16. Product Backlog del proyecto

Product Backlog			
Product Backlog Item	Priorización	Estimación n	Sprint
Crear entorno virtual	Alta	4	1
Detectar problemas de agudeza visual	Media	2	1
Detectar problemas de daltonismo	Alta	5	1
Medir agudeza visual	Alta	5	1
Crear base de datos	Alta	4	2
Crear sitio web de reportes	Alta	4	2
Crear pacientes	Media	3	2
Editar datos del paciente	Media	3	2
Guardar información del paciente	Media	3	2
Seleccionar paciente	Alta	3	3
Guardado de medidas	Alta	4	3
Reportar resultados luego de cada sesión	Alta	3	3

4.2.5. Diagrama de Arquitectura

Para el desarrollo del sistema, se necesitarán varias herramientas entre software y hardware. Las cuales hemos graficado de forma simplificada en los siguientes diagramas de arquitectura

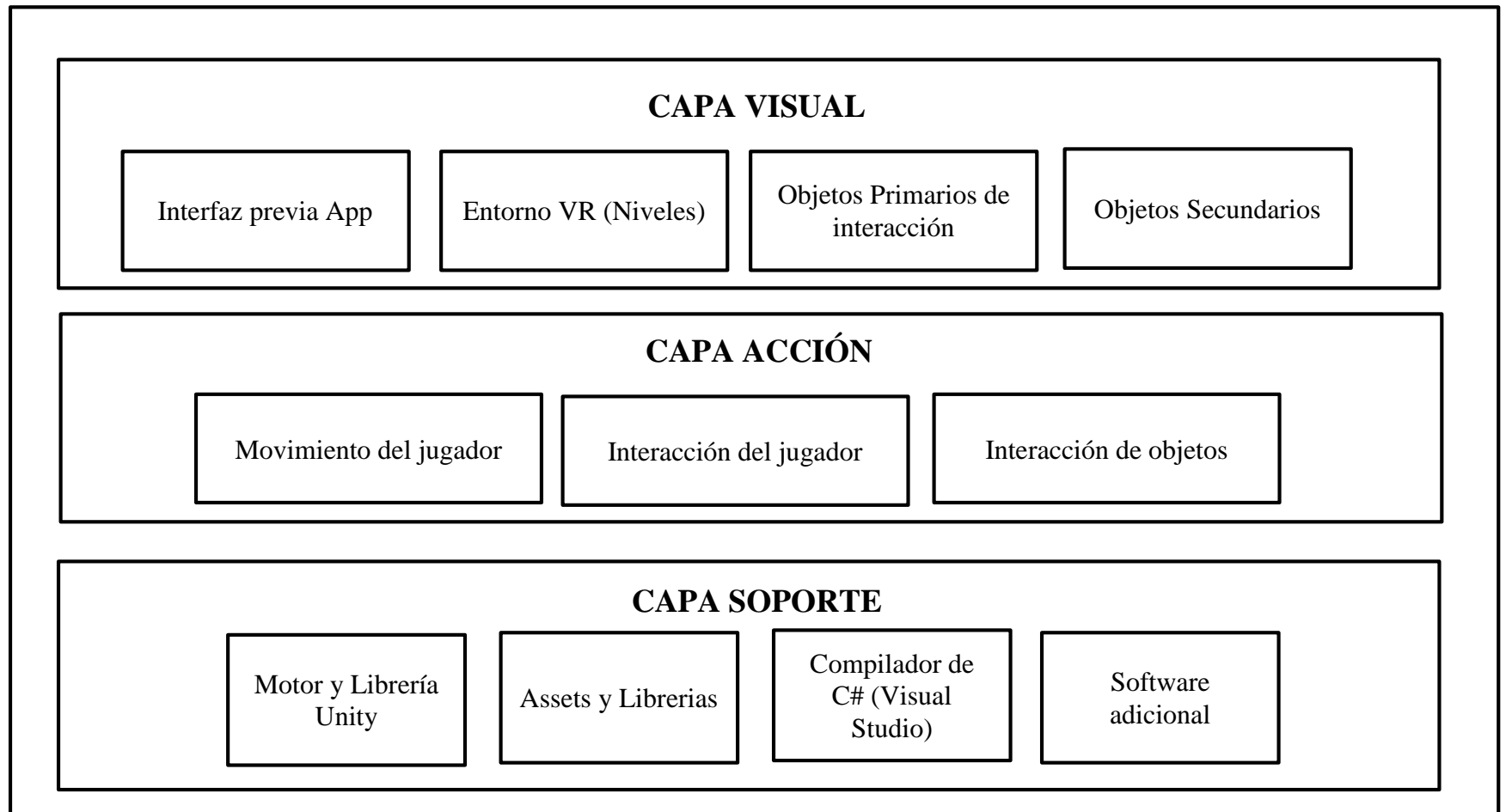


Gráfico 7. Diagrama de Arquitectura General

En el primer diagrama, se grafican 3 capas de la arquitectura, que hemos denominado “arquitectura general”. La arquitectura general describe la aplicación y cuáles son sus componentes externos como la capa de soporte, como también internos como la capa de acción.

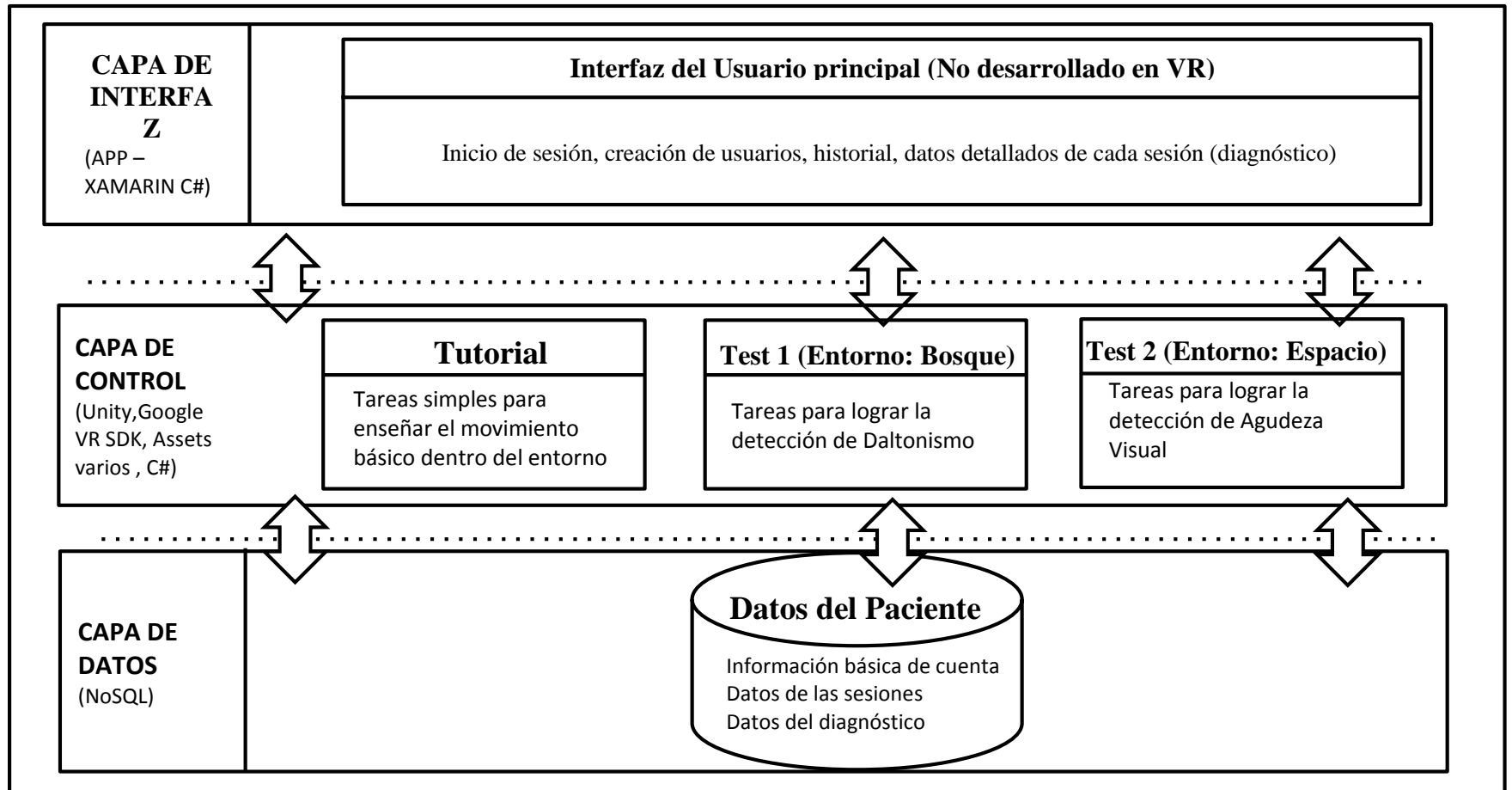


Gráfico 8. Diagrama de Arquitectura de Aplicación

En el segundo diagrama, se grafica la arquitectura que hemos denominado como “arquitectura aplicación”. A diferencia de la arquitectura general, esta se centra en el flujo de información y del usuario dentro de la aplicación. Esta arquitectura se basa en 3 capas, las cuales son las siguientes:

- Capa Visual: Todo el aspecto grafico de inicio que el usuario podrá interactuar desde la aplicación inicial.
- Capa Control: Todo el aspecto interactivo dentro del entorno VR. Es el core del sistema.
- Capa de Datos: Toda la gestión del almacenamiento que requiere el sistema.

4.2.6. Base de Datos SQL

Para toda aplicación que busque diagnosticar algún problema se necesita la obtención de datos, además que estos puedan ser almacenados para su posterior uso. Por esto mismo, se desarrollará una base de datos SQL (relacional). El cual está conformado por las tablas Usuario, Paciente y Diagnostico, donde cada paciente tendrá un usuario, el cual cuenta con un nombre de usuario único y contraseña, además cada paciente tendrá de uno a más diagnósticos, donde se especifica la descripción de este y la fecha en la que se realiza. El diagrama finalizado es el siguiente:

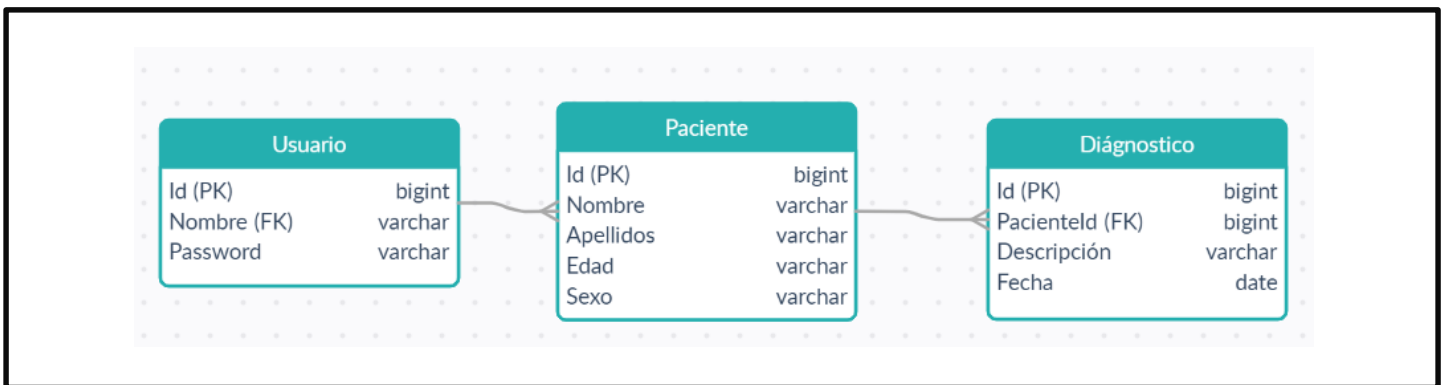


Gráfico 9. Modelo Entidad - Relación

4.2.7. Diagrama de Actividades

Las interacciones son parte básica de un entorno desarrollado en Realidad Virtual, por lo que deben modelarse cada una de las tareas que el usuario debe realizar para poder progresar. Dentro del sistema que se desarrollara, hemos definido 2 entornos los cuales son bosque y espacio; ambos con objetivos y estética diferentes. Se agregó una función nueva, dentro del sistema, relacionada a la detección de daltonismo (basada en el test de Ishihara). De forma detallada, esta es la información de cada entorno:

Entorno 1: Bosque

Objetivos

- Enseñar al usuario, a través de un tutorial, el movimiento básico dentro del entorno. (3 tareas, sin resultados)
- Aplicar el test 1, relacionado a la detección de daltonismo. (3 tareas, con resultados)

Entorno 2: Espacio

Objetivos

- Aplicar el test 2, relacionado a la detección de agudeza visual. (3 tareas, con resultados)

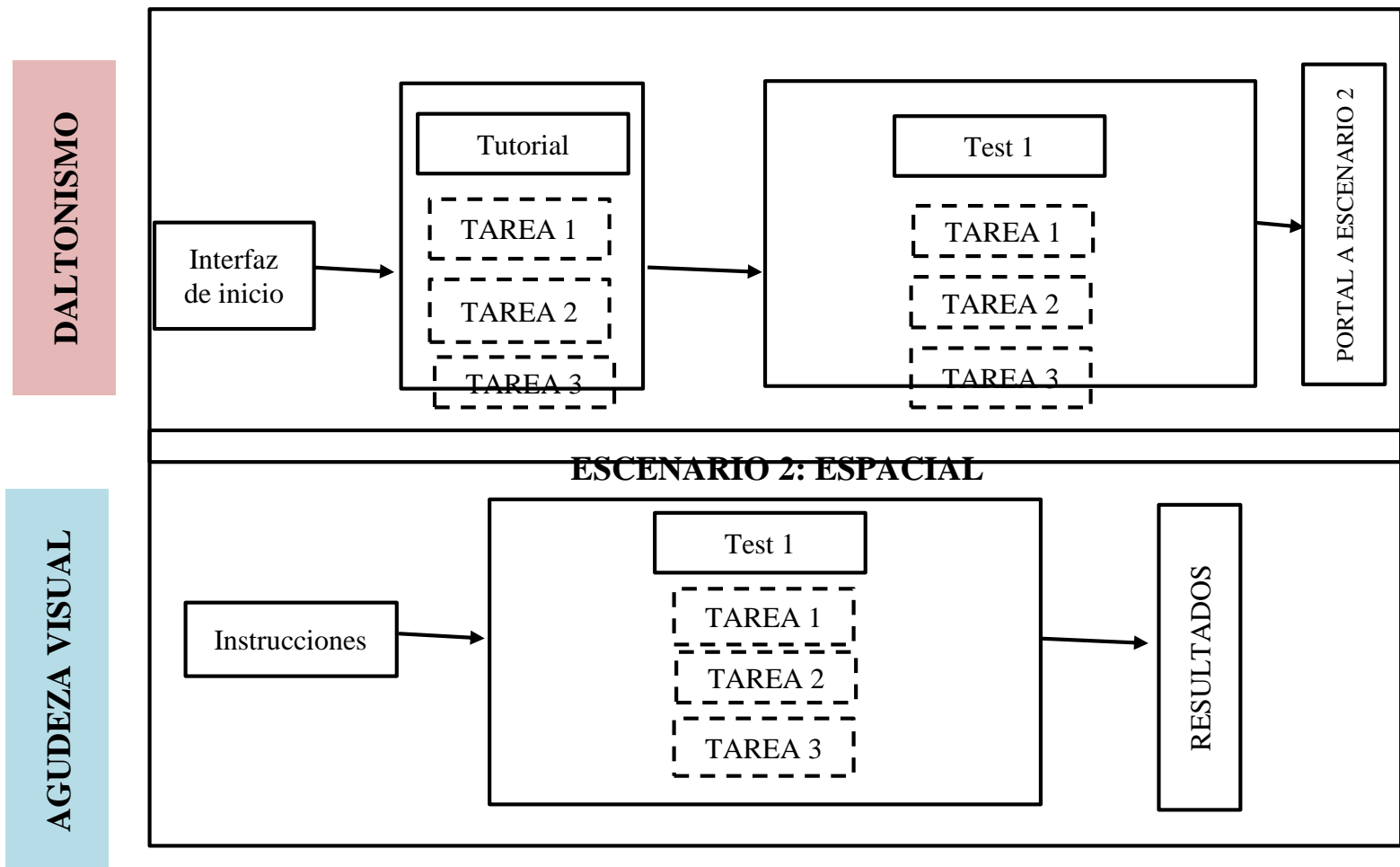


Gráfico 10. Diagrama de Actividades

En el diagrama se grafica lo descrito anteriormente, además de demostrar el flujo por donde el usuario debe seguir para poder completar el desarrollo del sistema.

Según PMBOK, uno de los marcos de gestión de proyectos más importantes, el planeamiento es lo más importante en relación a todos sus procesos, constituyendo un 49% de todos los procesos. Por lo que es crucial realizar un buen planeamiento para tener un desarrollo efectivo del proyecto posterior. Como investigadores de este proyecto, sabemos que el desarrollo de este implicara muchas actividades y tareas que requieren un orden específico y la aplicación de un framework o marco de trabajo para su gestión.

Es importante recalcar, que durante el planeamiento existieron muchas guías de ayuda que apoyaron en el desarrollo de diseños como el diseño de arquitectura y actividades; puesto que específicamente para el desarrollo de tecnologías inmersivas como lo es la Realidad Virtual no existen frameworks oficiales hasta la fecha dentro de esos aspectos. Por otra parte, si existen frameworks para otros aspectos utilizados como la Base de datos y la gestión de requisitos.

4.2.8. Interpretación

La importancia del uso de una metodología que se adapte al contexto del proceso de desarrollo radica en la elaboración de una buena planificación, ya que se requiere un orden establecido para el desarrollo completo del software, basándose en marcos de referencia aprobados y validados con anterioridad. Debido a que, si no se toma en cuenta la realización una gestión inicial de un proyecto, existirán muchos riesgos como la incongruencia de datos durante el desarrollo o un retraso en planeamiento secuencial; por lo que el planeamiento funciona como gestor de riesgos ante esos problemas.

Por lo tanto, el objetivo 2 es el paso previo para la elaboración propiamente dicha del producto, al tener un orden establecido para las actividades a realizar. Las cuales, a través de entrevistas realizadas a los clientes, se definió la importancia de cada uno de estos, así como las especificaciones que se buscan en el producto. Siendo una rúbrica a seguir para optimizar el tiempo total de desarrollo.

4.3.Desarrollo del entorno de Realidad Virtual en Unity aplicando el marco de referencia usada en el estudio Enhancing Healthcare with Virtual Reality (Peng Xia, 2018).

El tercer objetivo plantea el desarrollo mismo de la aplicación a través del framework de trabajo, previamente descrito, SCRUM. Por ello, se ha creado lo que se denomina un Sprint backlog.

El Sprint backlog, es un artefacto de la metodología SCRUM que da a conocer de manera global el avance del proyecto. Para desarrollarlo, hemos desglosado las historias de usuarios en tareas específicas de desarrollo y luego se han estimado pesos para cada una, dependiendo de la dificultad proyectada. Cada sprint tendrá una actualización del sprint backlog.

4.3.1. Sprint 1

El Sprint backlog de este sprint es el siguiente:

Tabla 16. Sprint backlog del Sprint 1

Elemento de trabajo pendiente	Puntos de historia	Responsable	Estado	Estimado Original
Crear entorno virtual	5			
Creación de entornos		Edson Waku	Hecho	5
		Edson Waku		
Funcionalidad de objetos clave		Bruno Camacho	Hecho	4
Movimiento del jugador		Edson Waku	Hecho	4
Creación de Puntero		Edson Waku	Hecho	2
Agregar sonidos		Edson Waku	Hecho	2
Detectar problemas de daltonismo	4			
Creación de objetos a interactuar		Edson Waku	Hecho	2

Funcionalidad de los objetos		Edson Waku Bruno Camacho	Hecho	4
Detectar problemas de agudeza visual	5			
Creación de objetos a interactuar		Edson Waku	Hecho	3
Funcionalidad de los objetos		Edson Waku Bruno Camacho	Hecho	4
Medir agudeza visual	5			
Cálculo de resultado		Edson Waku Bruno Camacho	Hecho	5

Tabla 17. Sprint backlog del Sprint 2

Elemento de trabajo pendiente	Puntos de historia	Responsable	Estado	Estimado Original
Crear sitio web de reportes	4			
Creación de pestañas		Bruno Camacho	Hecho	3
Creación de modelos		Bruno Camacho	Hecho	2
Agregar funcionalidades		Bruno Camacho	Hecho	4
Crear base de datos	4			
Definir diccionario de datos		Bruno Camacho	Hecho	4
Conexión con Unity		Edson Waku	Hecho	4
Conexión con página web		Bruno Camacho	Hecho	4
Crear pacientes	3			
Creación de pestaña de creación de paciente		Bruno Camacho	Hecho	3
Agregar diseño		Bruno Camacho	Hecho	3
Agregar funcionalidad de creación de paciente		Bruno Camacho	Hecho	4
Editar datos del paciente	3			
Busqueda de paciente		Bruno Camacho	Hecho	3
Pestaña de edición		Bruno Camacho	En progreso	3

Agregar funcionalidad de guardado de edición de datos		Bruno Camacho	En progreso	4
Guardar información del paciente	3			
Programación de funcionalidad de guardado		Bruno Camacho	En progreso	4

Tabla 18. Sprint backlog de Sprint 3

Elemento de trabajo pendiente		Responsable	Estado	Estimado Original	Revisión del sprint
Seleccionar Paciente	3				
Crear dropdown		Edson Waku	Hecho	3	
Poblar datos de paciente		Bruno Camacho	Hecho	4	
Guardado de medidas	4				
Guardado en base de datos		Edson Waku	Hecho	5	
Programar script de temporizador		Bruno Camacho	Hecho	4	
13. Reportar resultados luego de cada sesión	3				
Crear reporte en Unity		Edson Waku	Hecho	3	
Guardar datos en base de datos		Edson Waku	Hecho	5	

Estas fueron las tareas y funcionalidades, más relevantes:

4.3.2. Crear entorno virtual

4.3.2.1. Creación de entornos

Para el sistema, se definieron 2 entornos diferentes: bosque y castillo. Cada una con objetivos diferentes e interacciones diferentes (descritas en el diagrama de actividades en el objetivo 2). El modelado de los 2 escenarios se hizo a partir de figuras simples en 3D con texturas de librerías de uso libre.



Ilustración 12. Assets utilizados para el modelado del juego

Se usaron una cantidad de 59 assets, entre los cuales son prefabs y modelados junto a otros objetos creados especialmente para los test como se verá en los siguientes apartados.

Para el entorno 1, dentro de la parte del tutorial se usaron ciertos objetos para enseñar el movimiento normal y como seleccionar objetos con el puntero. Se usaron los globos como checkpoints, monedas y efectos de partículas.



Ilustración 13. Vista del entorno de desarrollo del tutorial

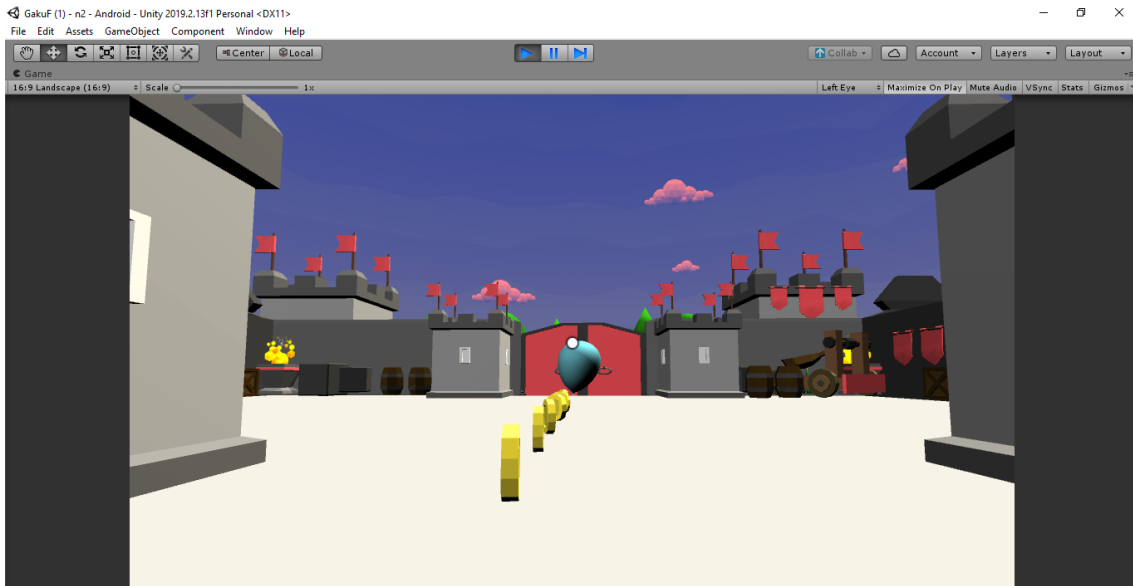


Ilustración 14. Inicio del tutorial

Luego en la parte de daltonismo, se basa en el concepto anterior pero estos checkpoints si servirán para la detección de daltonismo. Los checkpoints son globos, como la parte anterior; y el recorrido es lineal.

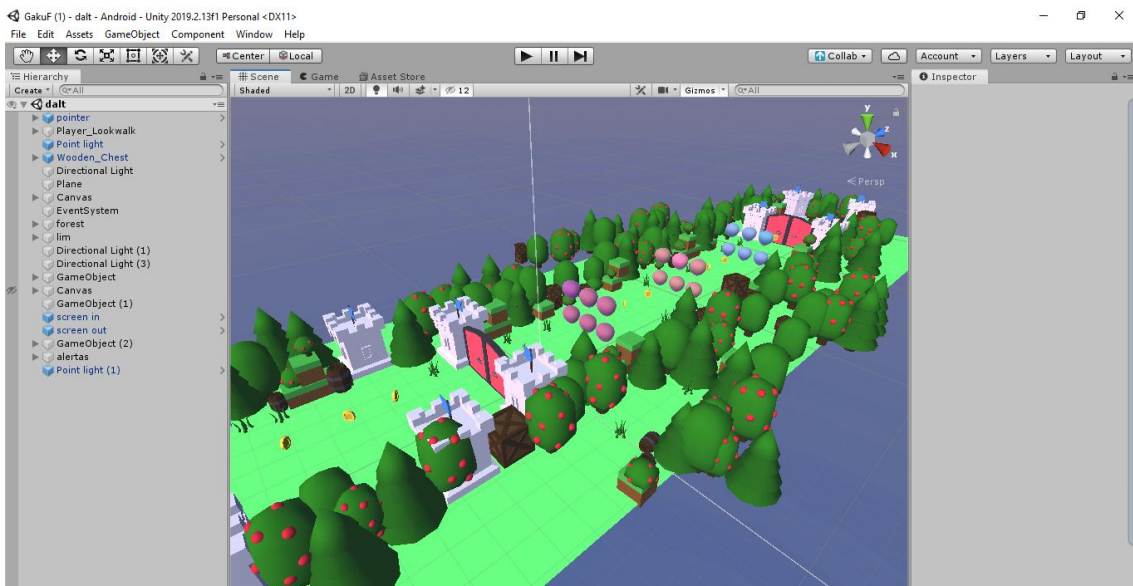


Ilustración 15. Vista del entorno de desarrollo del test de daltonismo

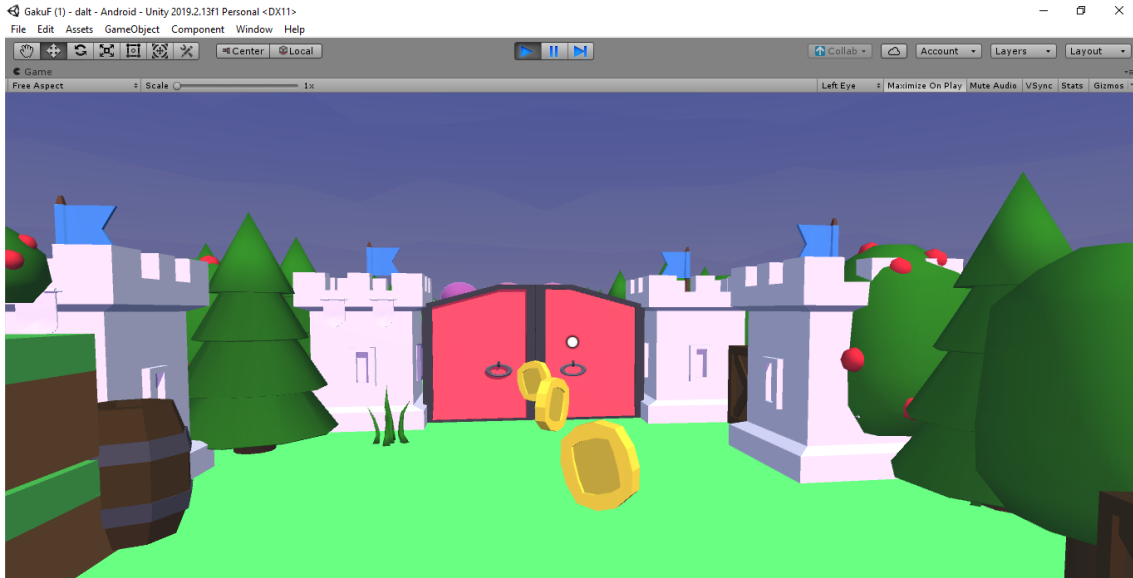


Ilustración 16. Inicio del test de daltonismo

Los colores de los globos son los mismos usados en el test de Ishihara, la mecánica de la detección se basa en seleccionar el globo de diferente color.

Para el entorno 2, la parte de agudeza visual. Contiene diferentes recorridos, el camino no es lineal como el test anterior. Para los 3 checkpoint necesarios se crearon 3 diferentes objetos:

- Objeto 1: Llave
- Objeto 2: Puerta
- Objeto 3: Caja



Ilustración 17. Vista del entorno de desarrollo del test de agudeza visual

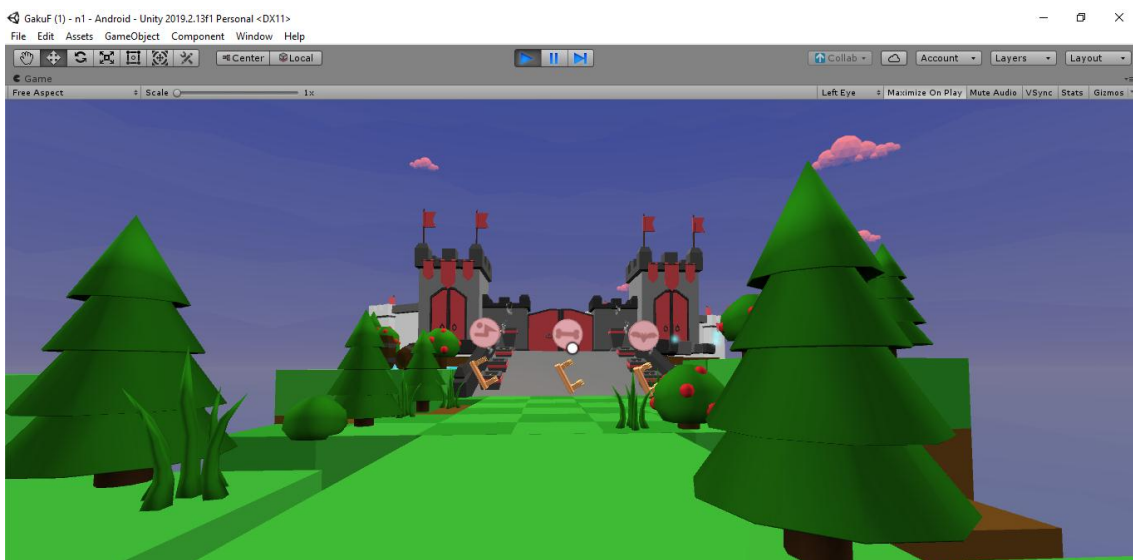


Ilustración 18. Inicio del test de agudeza visual

Cada objeto se basa en una fila exacta del test de agudeza visual de Snellen. Cada objeto esta redimensionado de manera calculada con el tamaño de la letra de la fila del test tradicional.

4.3.2.2. Funcionalidad de objetos clave

4.3.2.2.1. Colliders

En Unity, existen los componentes que son módulos predefinidos que ayudan con el desarrollo de funcionalidades dentro de los juegos. Uno de los componentes es Box collider.

El cual sirve para crear colisiones físicas entre objetos. Dentro de los objetos creados, existen colisiones normales y colisiones trigger. Las colisiones trigger servirán para ejecutar un script durante su colisión, y las normales solo sirven como colisiones reales.

Tabla 17. Objetos utilizados en los entornos

Objeto	Collider normal	Collider Trigger	Ubicación en entorno
Paredes	X		Todos los entornos
Piso	X		Todos los entornos
Puertas	X		Todos los entornos
Objetos decorativos	X		Todos los entornos
Cofres		X	Entorno 1: Tutorial Entorno 1: Daltonismo
Monedas		X	Todos los entornos
Objeto 1: Llave		X	Entorno 2: Agudeza Visual
Objeto 2: Puerta		X	Entorno 2: Agudeza Visual

Los colliders se agregan en el inspector de cada Gameobject de la siguiente manera.

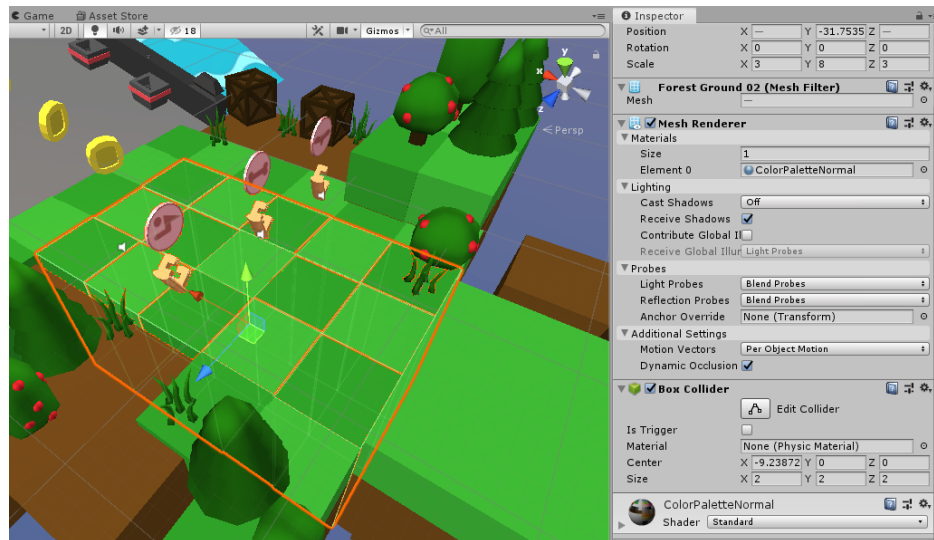


Ilustración 19. Creación del Collider

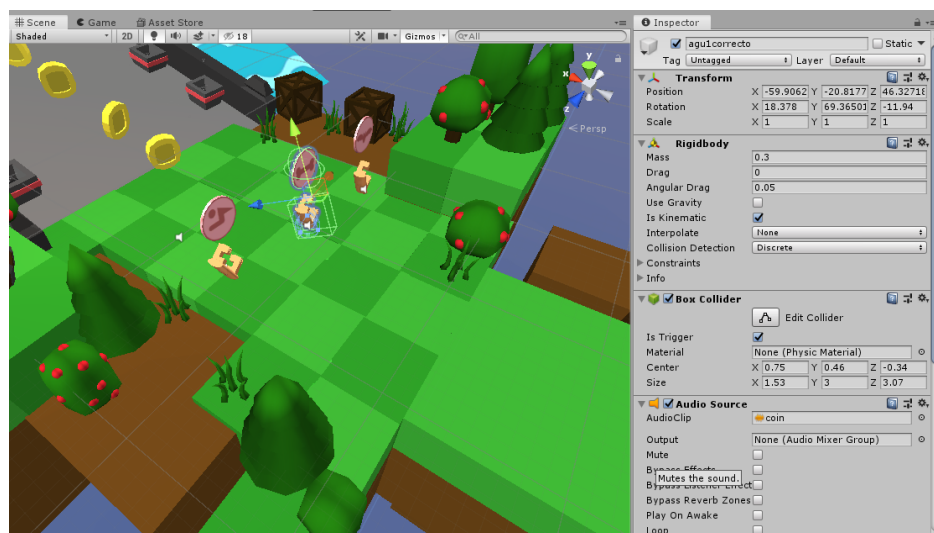


Ilustración 20. Edición del Collider

Los Colliders son importantes dentro del proyecto, ya que así se pueden crear los entornos simulados, para recrear la gravedad y movimiento como si fuera en la vida real. Los checkpoint como monedas u objetos son trigger ya que su colisión debe ser detectada para tener data específica o ejecutar otras funcionalidades.

4.3.2.2.2. Target

Un target es denominado en el proyecto como aquel objeto con el que interactuar con el puntero. En este caso, usamos botones pero configuramos el Canvas, de modo que los botones sean parte del espacio (World space) como otros GameObject normales como paredes o piso.

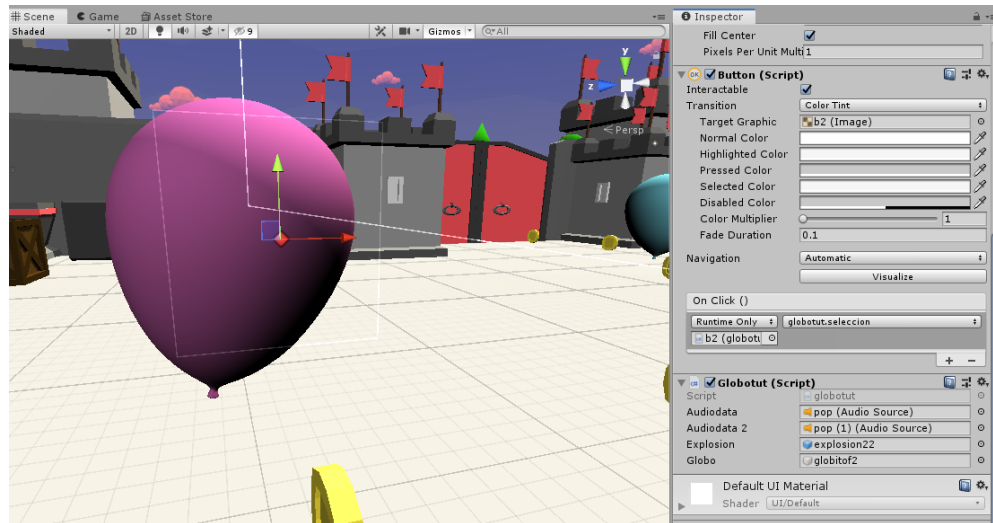


Ilustración 21. Target 1

A estos targets, se les quito el texto y su color, de modo que no son visibles para el jugador. Los targets son botones, ya que el puntero que creamos no afecta a GameObject normales, sino objetos de UI como botones o paneles.

Dentro del proyecto existen 4 tipos de target creados. Cada target está asignado con un objeto y una funcionalidad, las cuales son las siguientes.

Tabla 18. Targets utilizados en el juego

TargetID	Objeto asociado	Ubicación en entorno	Funcionalidad
1	Globo normal	Entorno 1: Tutorial	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecuta un efecto de partículas • Elimina el objeto asociado • Ejecuta una línea de voz
2	Globo daltonismo	Entorno 1: Daltonismo	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecuta un efecto de partículas • Elimina el objeto asociado • Ejecuta una línea de voz • Guarda datos sobre el globo escogido
3	Dragon	Entorno 2: Agudeza Visual	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra la imagen para el Objeto 2 • Ejecuta una línea de voz • Ejecuta un efecto de partículas
4	Objeto 3: caja	Entorno 2: Agudeza Visual	<ul style="list-style-type: none"> • Elimina el objeto asociado • Ejecuta una línea de voz • Guarda datos sobre el globo escogido

○ Target 1

El target 1 no tiene una funcionalidad compleja, sólo la ejecución de un efecto de partículas y un Audiosource.


```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class globotut : MonoBehaviour
{
    public AudioSource audiodata;
    public AudioSource audiodata2;
    public GameObject explosion;
    public GameObject globo;
    Button boton1;

    public void Start()
    {
        boton1 = this.GetComponent<Button>();
    }

    // Metodo cuando se seleccione
    public void seleccion()
    {
        StartCoroutine(globopop());
    }

    // Corutina ejecutada por selección
    IEnumerator globopop()
    {
        audiodata.Play();
        // Ejecutar efecto de particula
        Instantiate(explosion, transform.position,
Quaternion.identity);
        audiodata2.Play();
        yield return new WaitForSeconds(0.1f);

        // Ejecutar metodo de nota de voz
        if (this.gameObject.name == "b4")
        {
            FindObjectOfType<globo_sound_manager>().globo_ultimo();
        }
        else
        {
            FindObjectOfType<globo_sound_manager>().globo_select();
        }

        // Destruir globo
        Destroy(globo);
        boton1.enabled = false;
    }
}

```

Los targets 2 y 4, serán explicados en apartados siguientes ya que sus funcionalidades tienen que ver con la medición y la gestión de datos dentro de la base de datos.

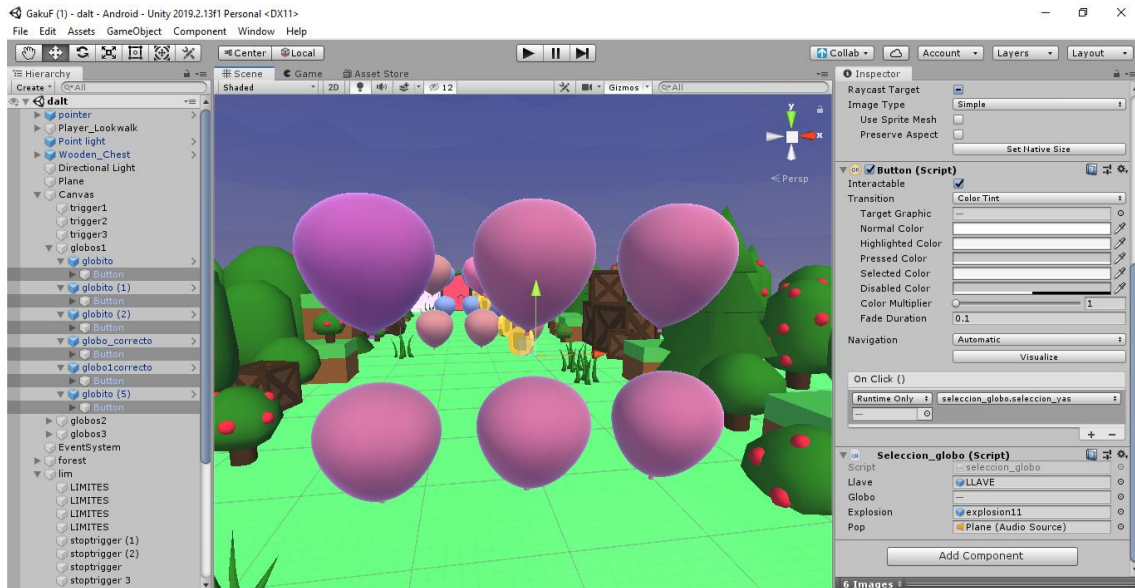


Ilustración 22. Target 2 - Test de Daltonismo

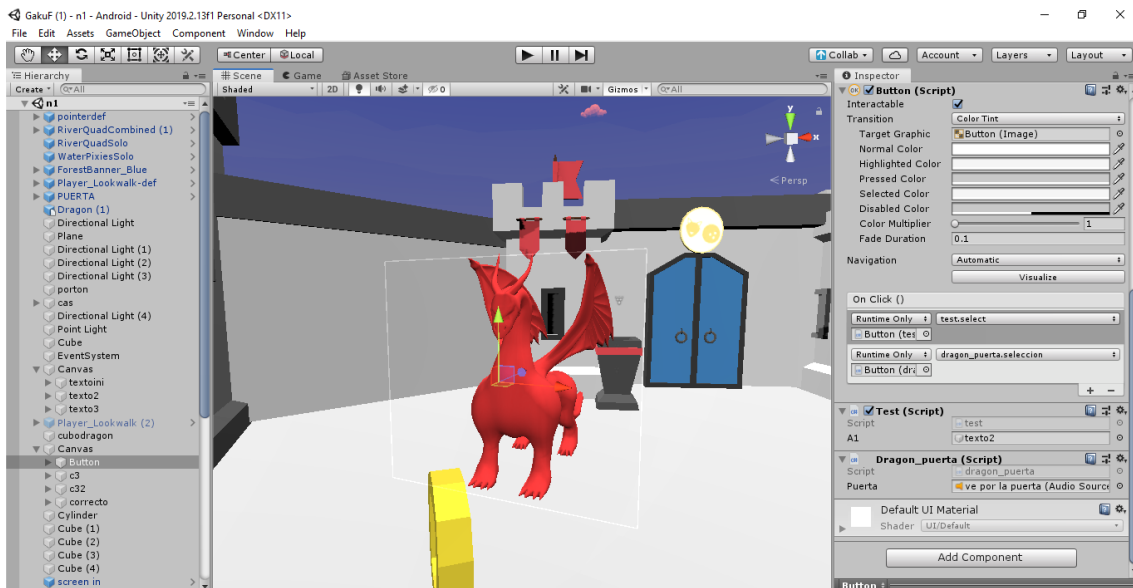


Ilustración 23. Target 3 - Dragón (Test de Agudeza Visual)

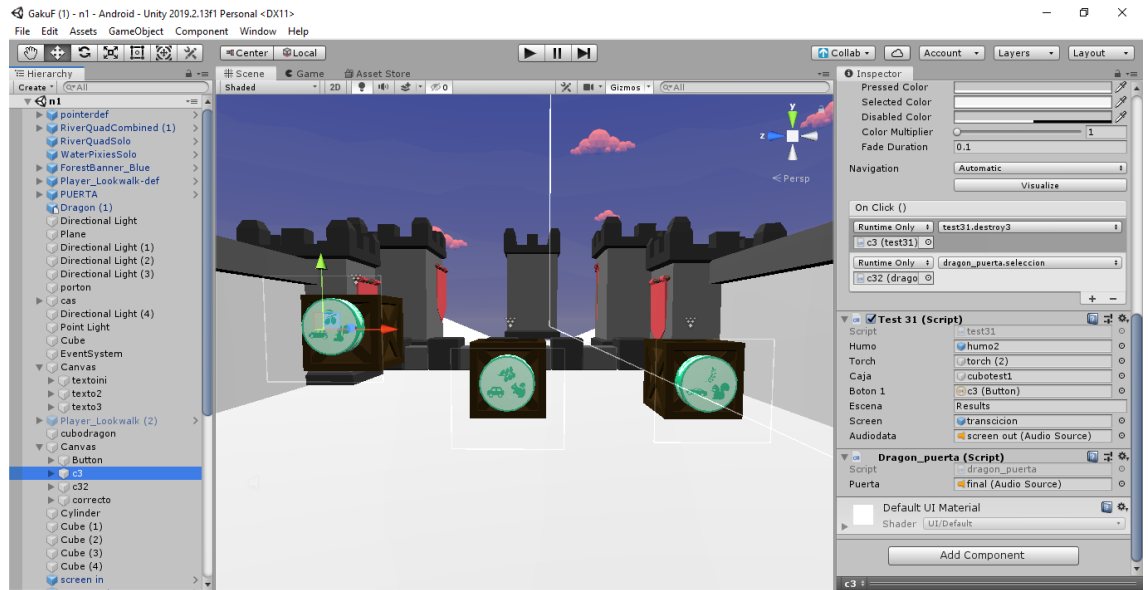


Ilustración 24. Target 4 - Cajas (Test de Agudeza Visual)

4.3.2.3. Conexión entre escenas

Para que el usuario pueda cambiar de escenas, creamos la mecánica de cofres. Por las cuales el usuario colisionará y será transportado a la siguiente escena. Se crearon cofres en el entorno 1 en ambas partes: tutorial y daltonismo.

La puerta tendrá componente Box Collider con la opción de Trigger para poder detectar las colisiones que se quieren crear.

```

void OnTriggerEnter(Collider otherObj)
{
    if (otherObj.CompareTag("Playergo"))
    {
        SceneManager.LoadScene("escena1");
    }
}

```

El script se basa en usar los métodos predefinidos de OnTrigger, luego comparar si el tag que se ha asignado al objeto del usuario es el mismo y usar el método LoadScene de la librería SceneManager, indicando el nombre de la escena correspondiente. El componente Collider tiene datos del GameObject, para poder efectuar el método OnTriggerEnter uno de los 2 objetos con el cual se colisionará debe tener el componente Rigidbody.

El componente Rigidbody da propiedades físicas a los GameObject, como gravedad o comportamiento cinemático.

4.3.2.4. Movimiento del jugador

Para el jugador se creó un GameObject con los componentes de Capsule Collider para la detección de colisiones con forma de capsula (la más cercana a un cuerpo humano en tamaño y proporción).

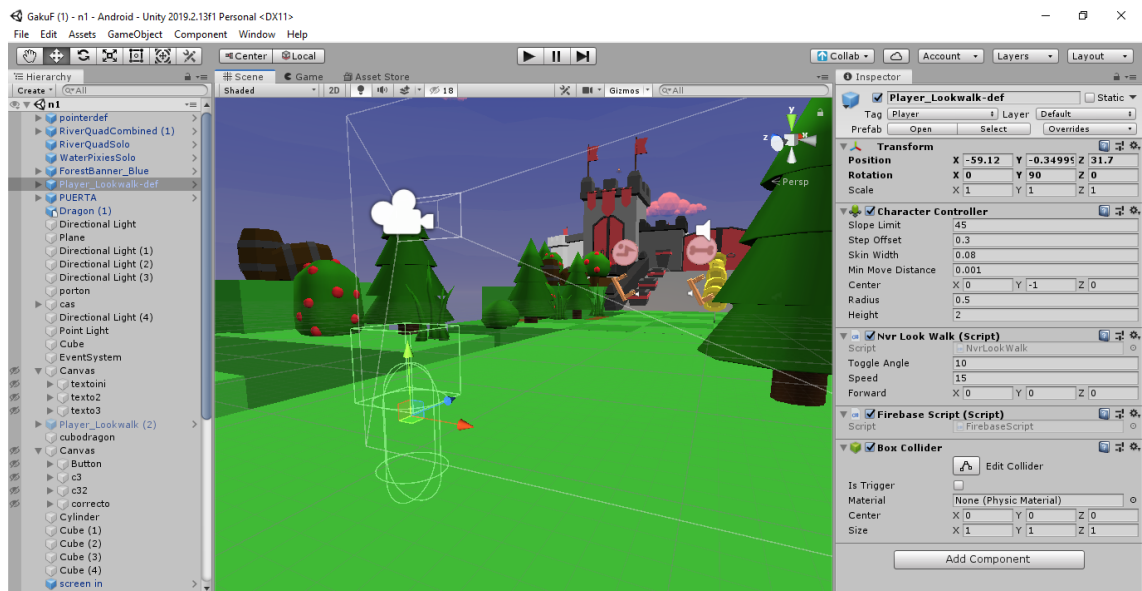


Ilustración 25. Vista del objeto Player

Luego de haber creado el objeto del jugador, agregamos el script el cual le dará la funcionalidad de movimiento dentro del entorno. El código de los scripts se maneja en C# dentro del software Visual Studio.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

[RequireComponent(typeof(CharacterController))]
public class NvrLookWalk : MonoBehaviour {
    // Angulo sobre el eje X donde el usuario mirara para poder
    desplazarse
    public float toggleAngle = 30.0f;
    // Rapidez de movimiento
    public float speed = 3.0f;
    // variable para detectar el movimiento
    private bool moveForward;
    // Camara principal
    private Transform vrCamera;
    // Variable del objeto CharacterController
    private CharacterController myCC;

    // Use this for initialization
    void Start () {
        // Find the CharacterController
        myCC = GetComponent<CharacterController>();
        // Find the Main Camera
        vrCamera = Camera.main.transform;
    }

    void Update () {
        // Identifica si el usuario a rotado su mirada
        if (vrCamera.eulerAngles.x >= toggleAngle &&
vrCamera.eulerAngles.x < 90.0f) {
            // Avanzar
            moveForward = true;
        }
        else {
            // Detenerse
            moveForward = false;
        }

        // Verificar si se debe mover
        if (moveForward) {
            // Encontrar la direccion de la Camara
            Vector3 forward =
vrCamera.TransformDirection(Vector3.forward);
            // Ejecutar movimiento
            myCC.SimpleMove(forward * speed);
        }
    }
}
```

El

script del jugador captura el ángulo de la cámara, como el objeto Main Camera está dentro

del object del jugador la vista del jugador y su ángulo se definirá naturalmente con el ángulo de visión que este el usuario. Luego de capturar el ángulo se compara si el ángulo es menor al grado de la variable pública toggleAngle (en este caso es 30.0f). Después de la comparación se cambia la variable tipo bool y se procede a cambiar el vector 3 actual, es decir, los 3 ejes sobre los cuales está el objeto del jugador.

4.3.3. Detectar problemas de daltonismo

4.3.3.1. Creación de objetos a interactuar

Para la prueba de daltonismo, creamos la mecánica de los globos donde el paciente visualiza 6 globos, donde 1 tiene un color diferente al resto. El paciente deberá seleccionar, como indica la instrucción, el de color diferente. De este modo obtenemos el dato del daltonismo.

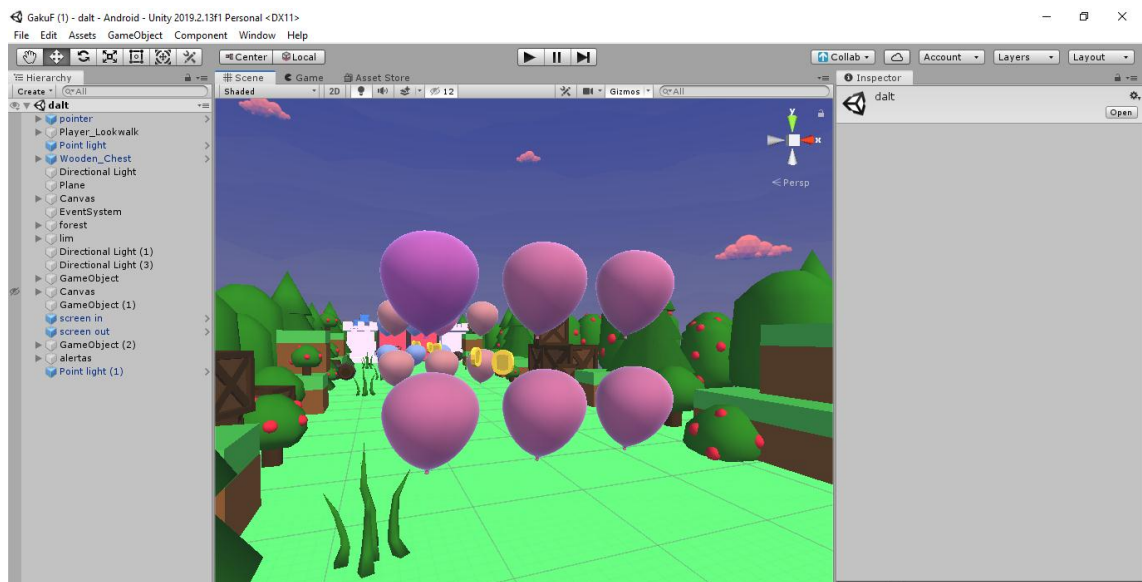


Ilustración 26. Test de Daltonismo en la aplicación

Los colores de los globos se basan en los colores de la prueba de Ishihara, que fueron adaptados para esta simulación.

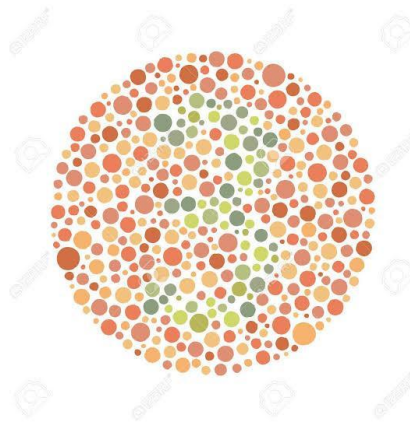








Ilustración 27. Ejemplo Test de Ishihara

Existen 3 partes en la simulación y estos son los colores elegidos:

Tabla 19. Colores escogidos

	Color incorrecto	Color correcto
Parte 1		
Parte 2		
Parte 3		

Hay que recordar que el resultado es una aproximación, por lo que manejamos probabilidades de existir o no daltonismo. Es sólo una herramienta de cribaje.










4.3.4. Detectar problemas de agudeza visual

4.3.4.1. Creación de objetos a interactuar

Para la prueba de agudeza visual, creamos la mecánica de las imágenes donde el paciente visualiza una imagen antes de continuar el camino, donde cada imagen mostrará un ícono, y el paciente tendrá que seguir el camino de la imagen vista. Las imágenes están redimensionadas al tamaño de las letras del test tradicional de Snellen.

Primero se crearon los íconos, los cuales son los siguientes:

Tabla 20. Iconos utilizados en el test de Agudeza Visual en el juego

	Opción correcta	Opción incorrecta 1	Opción incorrecta 2	Fila de Snellen representada
Parte 1				3
Parte 2				7
Parte 3				9

Cada parte tiene una forma diferente de obtener los datos, la primera parte el paciente tiene que obtener la llave.

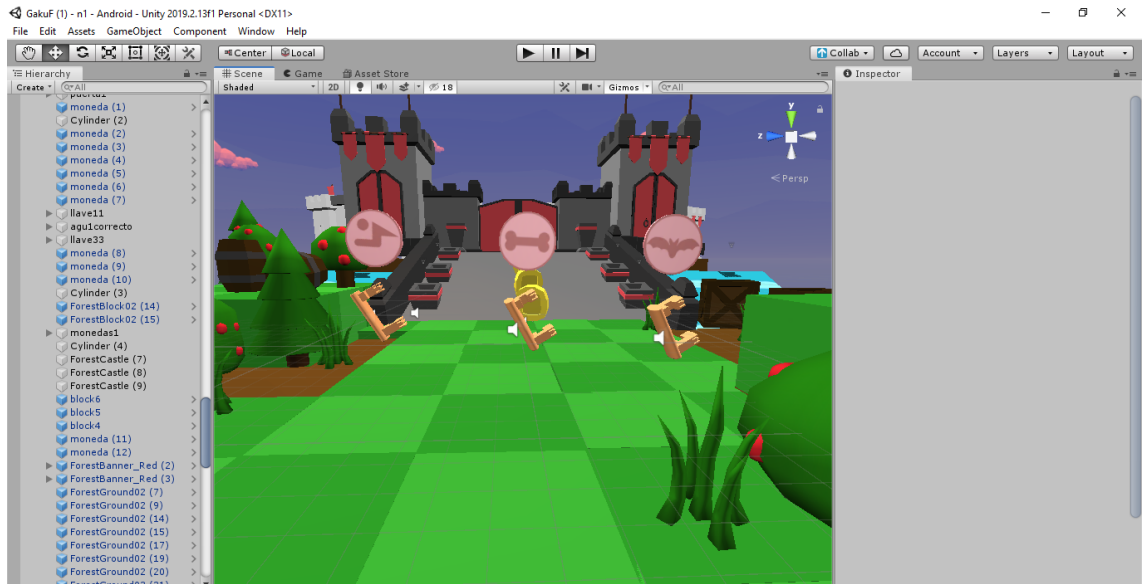


Ilustración 27. Primera parte test de agudeza visual

La segunda parte se debe escoger una puerta.

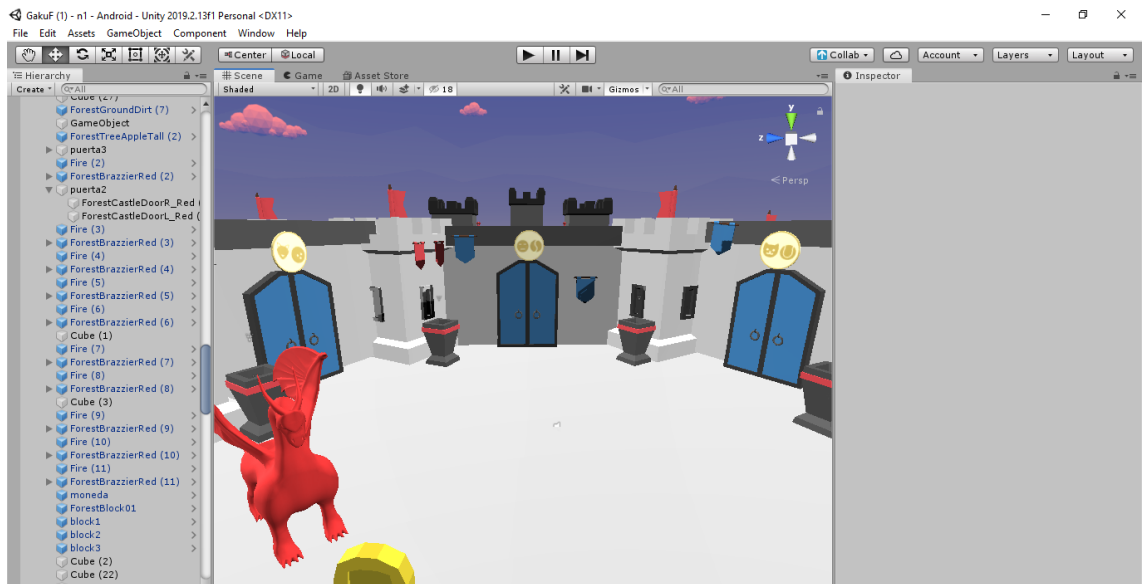


Ilustración 28. Segunda parte, test de agudeza visual

La tercera parte se selecciona una caja.

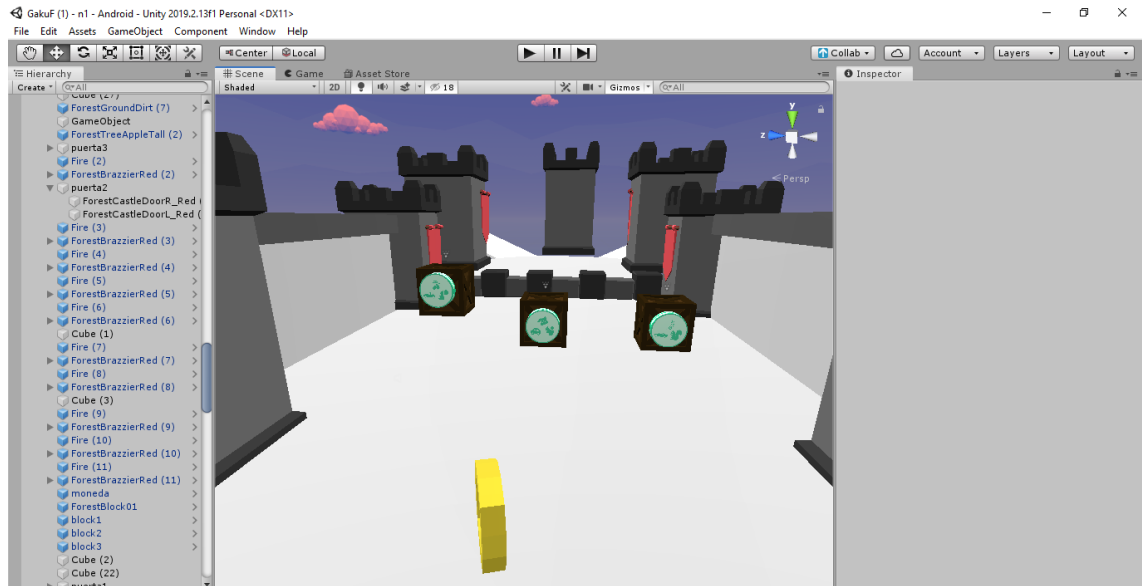


Ilustración 29. Tercera parte, test de agudeza visual

El test de Snellen es adaptado a través de los tamaños de las siguientes filas:

4.3.5. Crear base de datos

4.3.5.1. Definir diccionario de datos

Se eligió la plataforma de Firebase Google, para crear una base de datos en tiempo real. Para la gestión de pacientes y sus avances. La base de datos se encuentra en la siguiente URL: <https://gakuvrtest2.firebaseio.com/>.

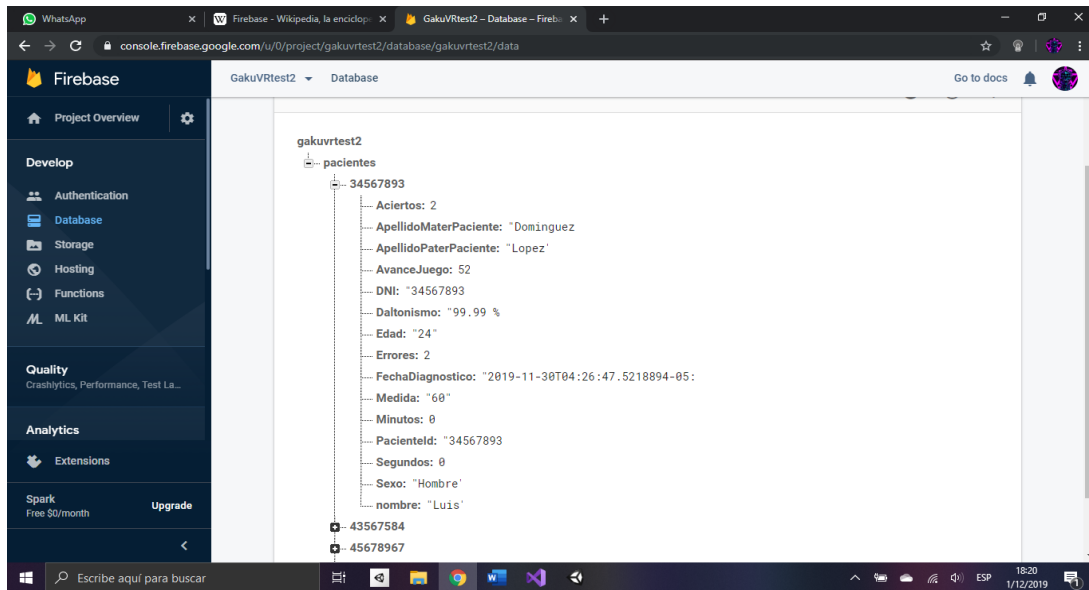


Ilustración 30. Base de Datos en el proyecto de Firebase

Dentro de la base de datos definimos los siguientes campos:

Tabla 21. Diccionario de Datos

Campo	Tipo de dato	Descripción
Aciertos	Int	Cantidad de respuestas correctas hechas por el paciente
ApellidoMaterPaciente	String	Apellido materno del paciente
ApellidoPaterPaciente	String	Apellido paterno del paciente
AvanceJuego	String	Porcentaje del juego avanzado
DNI	Int	DNI del paciente
Daltonismo	String	Porcentaje del paciente de no tener daltonismo
Edad	Int	Edad del paciente
Errores	Int	Cantidad de respuestas incorrectas hechas por el paciente
FechaDiagnostico	Date	Fecha de creación del paciente
Medida	Int	Medida aproximada calculada de agudeza visual
PacienteId	int	Id interno del paciente
Sexo	String	Sexo del paciente
Nombre	string	Nombre del paciente

4.3.5.2. Conexión con Unity

Para la conexión de Unity con Firebase, se siguieron los pasos dentro de la documentación de Agregar Firebase al proyecto de Unity. Se descargaron ciertos módulos y se creó un script para la conexión con Firebase.

Se creó una referencia a la base de datos a través de la URL, y se creó una revisión de dependencias cada vez que se ejecute el script. El script se encuentra en cada escena para mantener una conexión constante, para el guardado de datos.

```

// #1
Firebase.FirebaseApp.CheckAndFixDependenciesAsync().ContinueWith(task => {
    var dependencyStatus = task.Result;
    if (dependencyStatus ==
Firebase.DependencyStatus.Available)
    {
        // Create and hold a reference to your FirebaseApp,
        // where app is a Firebase.FirebaseApp property of
your application class.
        // app = Firebase.FirebaseApp.DefaultInstance;

        // Set a flag here to indicate whether Firebase is
ready to use by your app.

        // #2
        // Set up the Editor before calling into the
realtime database.

FirebaseApp.DefaultInstance.SetEditorDatabaseUrl("https://gakuvrtest
2.firebaseio.com/");

        // #3
        // Get the root reference location of the database.
reference =
FirebaseDatabase.DefaultInstance.RootReference;

    }
    else
    {
        UnityEngine.Debug.LogError(System.String.Format(
            "Could not resolve all Firebase dependencies:
{0}", dependencyStatus));
        // Firebase Unity SDK is not safe to use here.
    }
});

```

4.3.5.3. Conexión con la página web

Para la conexión de la página web, desarrollada en Visual Studio, y con Firebase, se descargaron ciertos módulos de Firebase y se utilizaron métodos exclusivos de las librerías de Firebase en Visual Studio.

Se creó una referencia a la base de datos a través de la URL, y se crearon métodos que se ejecutan tanto por un evento previo o de forma automática. El script se encuentra en las pestañas donde sea necesaria para mantener una conexión constante, para el guardado de datos.

A continuación, se presenta el código realizado para la obtención y subida de los datos de los pacientes.

```

using FireSharp.Config;
using FireSharp.Interfaces;
using FireSharp.Response;
using FirebaseSharp;
namespace GakuReporter.Controllers{
    public class PacienteController : Controller{
        //Enlace con el proyecto de Firebase
        IFirebaseConfig config = new FirebaseConfig{
            AuthSecret = "9TcmIdIKAz1fkV5sHsyunoTwpbhuOeHwqhsYLgCg",
            BasePath = "https://gakuvrtest2.firebaseio.com/";
        };
        IFirebaseClient cliente;
        public List<Paciente> pacientes;
        public async System.Threading.Tasks.Task<ActionResult> Index(){
            ViewBag.NombreDoctora = "Bienvenida Dra. Harumi";
            //Llamada a proyecto de Firebase
            var cli = new
            Firebase.Database.FirebaseClient("https://gakuvrtest2.firebaseio.com/");
            pacientes = new List<Paciente>();
            cliente = new FireSharp.FirebaseClient(config);
            //Obtención de todos los datos dentro de la rama pacientes
            var pacientex = await cli.Child("pacientes").OnceAsync<Paciente>();
            foreach(var paci in pacientex)
            { //Obtención de los datos de cada paciente
                FirebaseResponse response = cliente.Get("pacientes/" + paci.Key);
                Paciente pac = response.ResultAs<Paciente>();
                pacientes.Add(pac);}
            return View(pacientes.ToList());}
        [HttpPost]
        public async System.Threading.Tasks.Task<ActionResult> Create(Paciente
            pacientes){ ViewBag.NombreDoctora = "Bienvenida Dra. Harumi";
            cliente = new FireSharp.FirebaseClient(config);
            //Llamada al proyecto de Firebase
            var cli = new
            Firebase.Database.FirebaseClient("https://gakuvrtest2.firebaseio.com/");
            List<Paciente> listapaciente = new List<Paciente>();
            try
            {if (ModelState.IsValid)
                {
                    pacientes.PacienteId = pacientes.DNI;
                    pacientes.Aciertos = pacientes.Errores = 0;
                    pacientes.AvanceJuego = 0;
                    pacientes.Minutos = pacientes.Segundos = 0;
                    pacientes.Medida = "0";
                    pacientes.Daltonismo="";
                    pacientes.FechaDiagnostico=DateTime.Now;
                    //Subida de datos a la rama pacientes
                    FirebaseResponse response = cliente.Set("pacientes/" +
                    (pacientes.PacienteId), pacientes);
                    Paciente result = response.ResultAs<Paciente>();}
                return RedirectToAction("Index");}
            catch
            {return View();}}
    }
}

```

4.3.6. Interpretación

En base a las especificaciones aprendidas durante el estudio del proceso del examen de medición de la vista tradicional y las historias de usuario creadas con anterioridad, las tareas fueron creadas y repartidas entre nosotros, especificando las historias y sprints a la que pertenecen. Se sabe que el proceso de desarrollo consta de distintas fases y actividades, por lo que se requiere un orden específico y herramientas ya validadas para optimizar el rendimiento, por lo que se optó en aplicar el marco de trabajo utilizado en la tesis titulada “Enhancing Healthcare with Virtual Reality” (Peng Xia, 2018).

Para la gestión del desarrollo de la aplicación, se siguió el método de trabajo planteado por el marco de trabajo de SCRUM, mientras que para la misma fase de desarrollo en toda expresión de la palabra, se siguió el marco planteado anteriormente, la cual ofrece herramientas para el modelado de la arquitectura y las actividades de la aplicación. Como resultado se obtuvo una aplicación móvil donde se visualizan los resultados y los datos de los pacientes, además permite entrada al juego de realidad virtual para la detección de los problemas de agudeza visual.

La importancia del objetivo 3 radica en la utilización de dos marcos de trabajo validados, para una mejor distribución y gestión de las actividades que implica el desarrollo de un proyecto de software, buscando optimizar y agilizar este proceso. Ya que, si en caso no se utilizaran los marcos de trabajo, el proceso se alargaría más de lo debido y los resultados no asegurarían una satisfacción completa de los stakeholders del producto.

4.4. Validación de la aplicación de Realidad Virtual usando tests de usabilidad

4.4.1. Test aplicado a los usuarios

4.4.1.1. Cuestionario

A cada estudiante que jugó el videojuego se realizó una encuesta que consta de distintas preguntas relacionadas a la experiencia del usuario en el videojuego con respecto a la usabilidad del mismo (**Anexo IX**).

De la encuesta realizada se obtuvo los siguientes resultados:



Gráfico 11. Resultados de la pregunta N°1

Por lo que se puede observar, a la mayor parte de los estudiantes que utilizaron el videojuego les gustó los escenarios mostrados, siendo estos el 64% del total (21 estudiantes). Mientras que al 36% de los estudiantes (12 estudiantes) no están completamente conformes con los escenarios, eligiendo la opción “Puede mejorar”.

2. ¿Te gustaron las animaciones del juego?

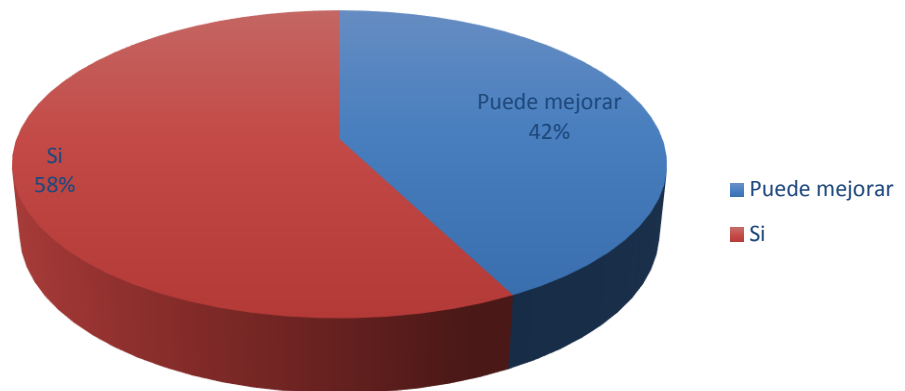


Gráfico 12. Resultados de la pregunta N°2

Por lo

que se puede observar, a la mayor parte de los estudiantes que utilizaron el videojuego les gustó las animaciones mostradas, siendo estos el 58% de los estudiantes. Mientras que al 42% de los estudiantes (12 estudiantes) no están completamente conformes con las animaciones mostradas en el videojuego, eligiendo la opción “Puede mejorar”.

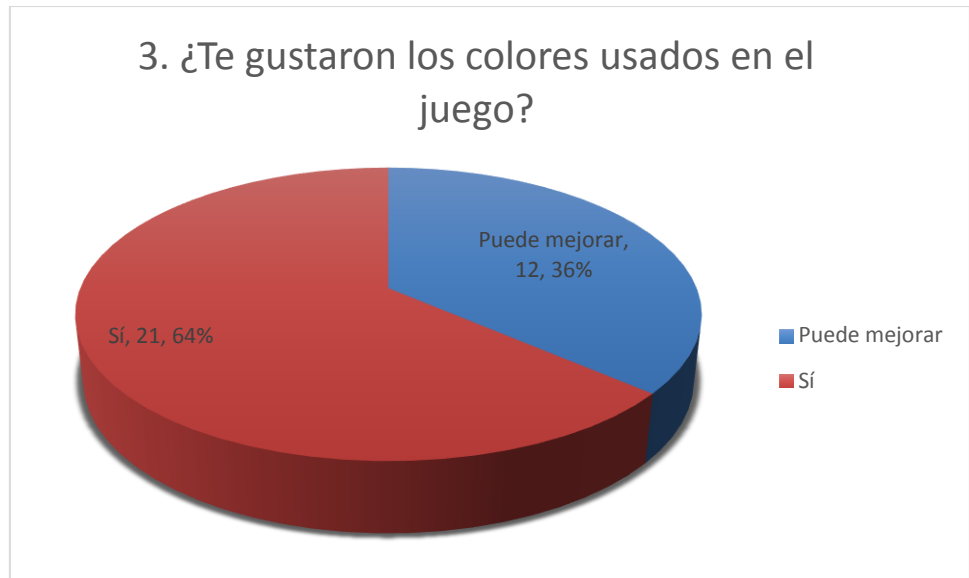


Gráfico 13. Resultados de la pregunta N°3

Por lo que se puede observar, a la mayor parte de los estudiantes que utilizaron el videojuego les gustó los colores utilizados en los entornos mostrados, siendo estos el 64% de los estudiantes (21 estudiantes). Mientras que al 36% de los estudiantes (12 estudiantes) no están completamente conformes con los colores utilizados, eligiendo la opción “Puede mejorar”.

4. ¿Se entendieron las instrucciones del juego?

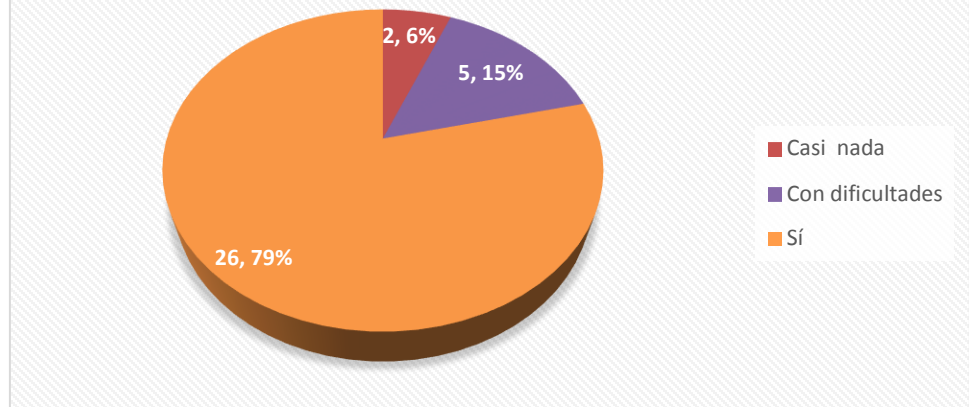


Gráfico 14. Resultados de la pregunta N°4

Por lo que se puede observar, la mayor parte de los estudiantes que utilizaron el videojuego entendieron las instrucciones dadas en el propio juego, con un 79%, lo cual equivale a 26 estudiantes. Mientras que el 15% de los estudiantes (5 estudiantes) tuvieron dificultades para comprender las instrucciones del juego; además, el 6% de los estudiantes (2 estudiantes) no entendieron con claridad las instrucciones planteadas del videojuego, escogiendo la opción **casi nada**.

5. ¿Como calificas tu tiempo de espera durante tu interacción con el juego? (transiciones de escenarios, realización de actividades, etc.)

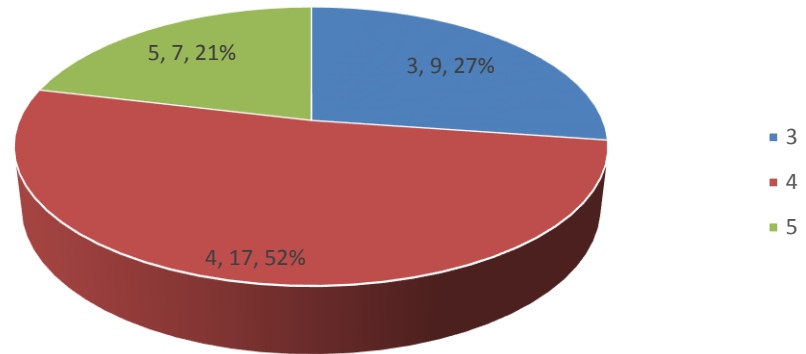


Gráfico 15. Resultados de la pregunta N°5

Por lo que se puede observar, para la calificación de la medición de la calidad del tiempo de espera se ha usado un rango del 1 al 5, donde 1 equivale a malo y 5 a excelente.

Tomando en cuenta los valores explicados con anterioridad, la mayor parte de los estudiantes, con un 52% (17 estudiantes), calificaron el tiempo de espera durante la interacción con el valor “4”, lo cual equivale a decir **Bueno**, seguido de esto, el valor con mayor incidencias es el “3”, equivalente a **Regular**, siendo elegido por el 27% de los estudiantes (9 estudiantes). Finalmente, el valor con menor número de incidencias es el “5”, equivalente a excelente con un 21% de estudiantes (7 estudiantes). Por lo que se puede concluir que los tiempos de espera del videojuego luego de cada evento se realiza de manera casi óptima ya que ningún alumno calificó la calidad del tiempo de espera como **malo**.

6. ¿Tuviste dificultades mientras interactuabas con el juego?

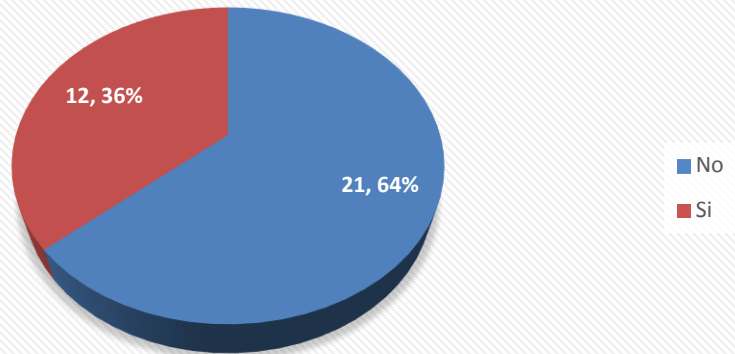


Gráfico 16. Resultados de la pregunta N°6

En el gráfico se puede observar que gran parte de los estudiantes que usaron el juego de realidad virtual no encontró dificultad alguna durante su interacción con el entorno de realidad virtual, siendo estos en total 21 estudiantes, lo cual equivale al 64% del total. Por otro lado, los 12 alumnos restantes (36% del total), encontraron dificultades durante su interacción con el juego.

7. ¿Te gustó la jugabilidad del juego?

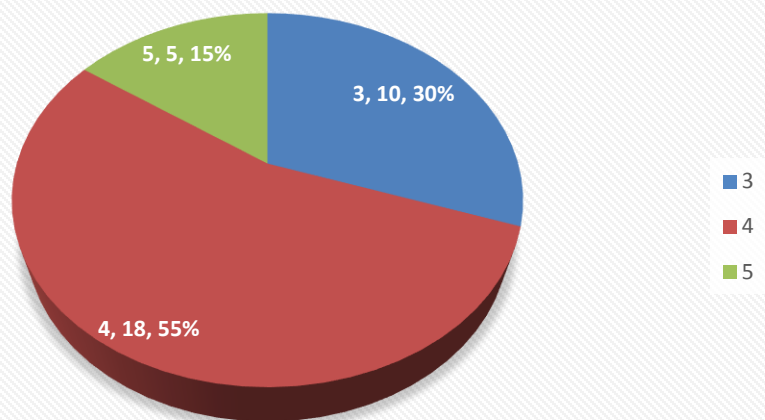


Gráfico 17. Resultados de la pregunta N°6

Para la calificación de la medición de la calidad de la usabilidad del juego se ha usado un rango del 1 al 5, donde 1 equivale a malo y 5 a excelente.

Tomando en cuenta los valores explicados con anterioridad, la mayor parte de los estudiantes, con un 55% (18 estudiantes), calificaron la usabilidad del juego con el valor “4”, lo cual equivale a decir **Bueno**, seguido de esto, el valor con mayor incidencias es el “3”, equivalente a **Regular**, siendo elegido por el 30% de los estudiantes (10 estudiantes). Finalmente, el valor con menor número de incidencias es el “5”, equivalente a excelente con un 15% de estudiantes (5 estudiantes). Por lo que se puede concluir que la usabilidad del juego se ha desarrollado de manera efectiva, ya que ningún estudiante a calificado de este como **malo**.

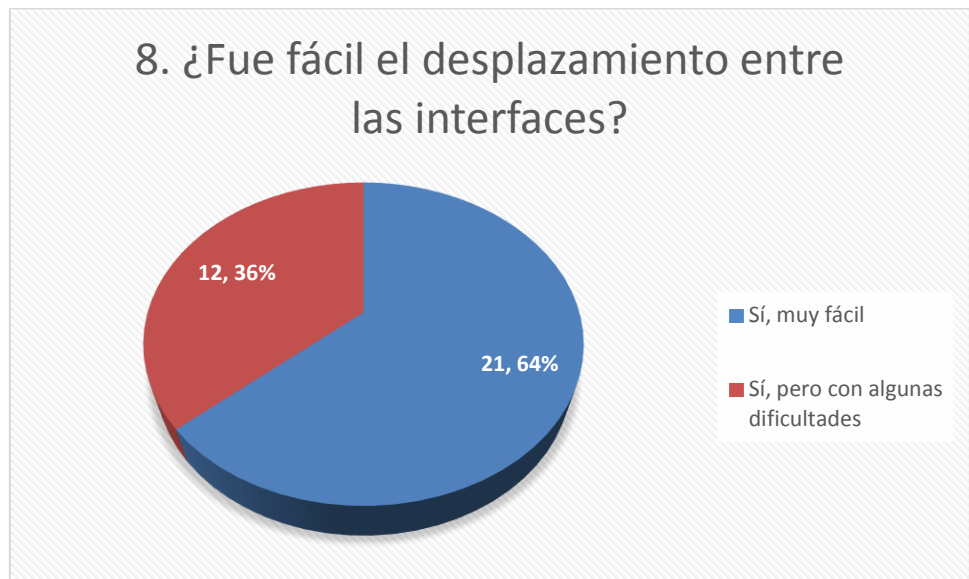


Gráfico 18. Resultados de la pregunta N°8

En el gráfico se pudo observar que para todos los estudiantes el desplazamiento entre interfaces (escenarios) fue fácil. Sin embargo, existieron aspectos que para algunos se les dificultó un poco la experiencia, siendo más concreto, a 12 de 33 estudiantes les pareció fácil el desplazamiento, pero encontraron algunos aspectos del juego que les dificultó mínimamente la experiencia. Los 21 estudiantes restantes no tuvieron dificultad alguna, más bien, les pareció **muy fácil** (sin dificultades), el desplazamiento.

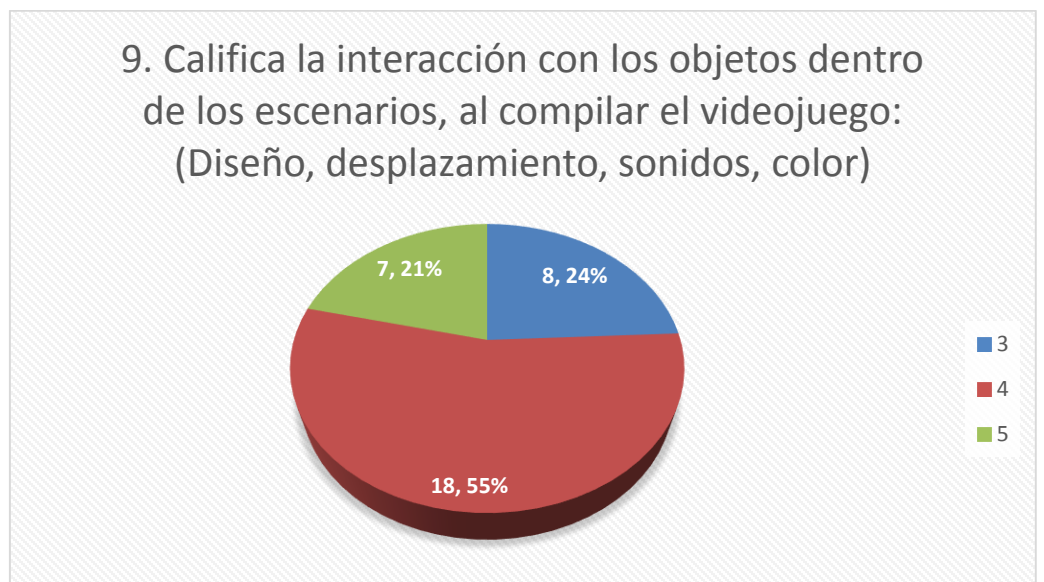


Gráfico 19. Resultados de la pregunta N°9

Para la calificación de la interacción con los objetos en el juego se ha usado un rango del 1 al 5, donde 1 equivale a malo y 5 a excelente.

Tomando en cuenta los valores explicados con anterioridad, la mayor parte de los estudiantes, con un 55% (18 estudiantes), calificaron la interacción con los objetos del juego con el valor “4”, lo cual equivale a decir **Bueno**, seguido de esto, el valor con mayor incidencias es el “3”, equivalente a **Regular**, siendo elegido por el 24% de los estudiantes (8 estudiantes). Finalmente, el valor con menor número de

incidencias es el “5”, equivalente a excelente con un 21% de estudiantes (7 estudiantes). Por lo que se puede concluir que en el aspecto de la interacción con los objetos del juego se ha realizado efectivamente ya que no hubo problemas comentados ni calificaciones muy bajas.

4.4.1.2. Interpretación

En base a la encuesta realizada, se puede dar por hecho que el juego de realidad virtual tiene muchos aspectos que trabajan de manera óptima y efectiva, como es el caso de la jugabilidad, el desplazamiento entre escenarios, la interacción propia del usuario con los objetos de juego, la comunicación de las instrucciones, entre otras; las cuales son importantes tomar en cuenta para que un juego funcione idealmente y pueda ser disfrutado por el usuario.

Por otro lado, aunque la gran mayoría de estudiantes han calificado estos aspectos como buenos, hay otros estudiantes que han tenido ciertas dificultades con la interacción del juego y según sus propios comentarios piensan que lo ideal sería mejorar ciertos aspectos del juego para una mejor experiencia. Por lo que se tiene que tomar en cuenta, para futuras mejoras que se realizaran, con el fin de abordar una mayor experiencia a todos los usuarios.

4.4.2. Test aplicado a experto en UX.

4.4.2.1. Metodología

Diseñamos un test de análisis de usabilidad que comprendía los principios utilizados en los entornos VR. Para ello se investigaron referentes como el proyecto de Anastasiia Ku “Usability Testing for Mobile Game” (2018)

y el paper “Evaluating the usability of virtual reality user interfaces” (2000) de Alistair G. Sutcliffe y K. Deol Kaur.

Estos fueron los 9 principios escogidos para la elaboración de este test.

- Navegación: Conocimiento de la ubicación dentro del entorno.
- Diseño Visual: Concordancia y comunicación visual fácil de comprender.
- Lenguaje: Comunicación visual y verbal entendible.
- Errores: Facilidad de solucionar errores y dificultad encontrándolos.
- Control: Control total sobre las acciones realizadas.
- Seguridad: Protección de información.
- Funcionalidad: Capacidad de realizar acciones deseadas.
- Feedback: Conocimiento actual del estado.
- Consistencia: Coherencia entre elementos, mensajes y contenido.

Los principios serán valorados a través de la escala de Likert del 1 al 5.

Tabla 22. Escala de Likear

1	2	3	4	5
Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Ni acuerdo ni desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo

4.4.2.2. Resultados

El test fue tomado por Lucía Irene Méndez Sandoval, certificada por Centrum PUCP como especialista en User Experience y estos fueron los resultados:

Test de Usabilidad

Tabla 23. Test de usabilidad con resultados

Categoría N°1 : Arquitectura Informacional	Prom.	5
Descripción : Orden y Distribución de los objetos con relación a los objetivos del usuario		
Principios		
P11: Navegación	Nota	5
Descripción: Saber ubicarse dentro del entorno y poder entender los controles. ¿Qué tan fácil es navegar dentro del entorno?		
Categoría N°2 : Comprensión	Prom.	4
Descripción : Relación del contenido visual y audio con la experiencia de usuario.		
Principios		
P21: Lenguaje	Nota	4
Descripción: El lenguaje visual y verbal en los mensajes y diálogos es entendible. Así como las instrucciones.		
P22: Diseño Visual	Prom.	4
Descripción: El diseño es fácil de entender y apoya a la interacción.		
Categoría N°3 : Percepción de Seguridad	Prom.	4

Descripción : Generación de confianza		
Principios		
P31: Control	Nota	4
Descripción: Se mantiene el control total del entorno. Por ejemplo las funciones de seleccionar y deseleccionar.		
P32: Errores	Nota	3
Descripción: Dificultad para cometer errores, y en caso se produzca alguno, fácil solución de ellos. ¿Qué tan fácil es cometer errores dentro del entorno?		
P32: Seguridad	Nota	5
Descripción: No hay peligro alguno de robo de información o hackeo.		
Categoría N°4 : Uso de Herramientas	Prom.	4
Descripción : Comportamiento del usuario frente a las herramientas		
Principios		
P31: Funcionalidad	Nota	5
Definición: Capacidad de realizar la acción o decisión requerida o deseada.		
P32: Feedback	Nota	4
Definición: Total conocimiento de lo que está haciendo el sistema.		
P32: Consistencia	Nota	5

Definición: Uso de palabras, frases, situaciones y acciones coherentes y similares en todo el entorno.		
---	--	--

4.4.2.3.Comentarios Finales:

- La consistencia del estilo es uno de los fuertes de los entornos, aunque a medida que los niveles progresan algunos ciertos elementos se ven que no tienen concordancia unos con otros. Como sugerencia, reducir la cantidad de estos elementos o revisar todos los elementos antes de insertarlos en una escena.
- Algunas veces el puntero no selecciona el objeto deseado o por el contrario no permite deseleccionarlo, es un error con mínima frecuencia (al menos 1 de cada 12 iteraciones), aunque no representa un error crítico durante el recorrido, puede causar errores no deseados en la toma de agudeza visual.
- En general, la combinación y el uso de colores han sido bien seleccionados. Aunque existen ciertos colores como el cyan o el morado, que tienden a cansar la vista si estos tienen saturación muy alta; durante el recorrido existen pocos elementos con estos colores por lo que recomiendo ser selectivos y procurar evitar esta combinación de colores si se agregan más elementos del mismo tipo, puesto podría causar cansancio visual de forma rápida.

4.4.2.4.Interpretación

Es importante realizar un test de usabilidad antes de desplegar la aplicación ya que reduce el riesgo de construir de forma errónea el producto final. En otras palabras, poder prevenir errores que podrían costar tiempo durante una nueva iteración de la aplicación. El test de usabilidad es una parte esencial del ciclo de vida del software, y aún más importante cuando se desarrollan entornos en realidad virtual, ya que es la manera más efectiva para poder evaluar cuáles elementos funcionan de los que no, dentro del diseño.

Por lo tanto, el objetivo 4 es un hito muy importante dentro del desarrollo general de la aplicación, ya que valida las decisiones tomadas desde la planificación en el objetivo 2 y el desarrollo propiamente dicho durante el objetivo 3, así como también nos ayuda a reducir los errores encontrados en el diseño y su jugabilidad para realizar un despliegue eficaz en el siguiente objetivo.

4.5. Despliegue y validación

Como objetivo final, se propuso la validación del proyecto a través de 2 pruebas. Primero se realizó la prueba de agudeza visual tradicional y luego se hace la prueba con la aplicación. El despliegue del aplicativo se realizó en el colegio CEP Nuestra Señora del Perpetuo Socorro, con previo permiso del director Jose Sotelo Menacho.

La prueba se realizó a una sección completa de primer grado de secundario de 33 alumnos.

Tabla 24. Datos de la muestra

Variable	Resultado
Muestra	33 Alumnos de Primero de secundaria
Sexo	11 mujeres y 22 varones
Edad	12 años (17 alumnos) y 13 años (16 alumnos)
Experiencia	30 alumnos conocían tecnología VR y su uso , 3 alumnos no conocían la tecnología VR

Test de agudeza visual tradicional

El desarrollo fue el siguiente, el estudiante se sentó a 20 pies (6 metros) de la cartilla de Snellen; luego se indicó fila por fila preguntando si le es posible visualizarla. Hasta que el estudiante indique que no puede visualizar más, se procedió a tomar los resultados y datos para su análisis posterior. Al término de cada iteración, se repitió con otros grupos de 5 a 6 alumnos, se hicieron las iteraciones posibles hasta que el tiempo designado se acabe.



Ilustración 31. Realización del examen tradicional

Tabla 32. Alumnos realizando el test tradicional



Los resultados del test tradicional fueron los siguientes (de los resultados obtenidos se realizó un gráfico estadístico correspondiente, para un análisis general).

Tabla 25. Resumen de los resultados del test tradicional

Última fila visible	Cantidad de alumnos
20/100	1
20/15	4
20/20	9
20/25	7
20/30	2
20/40	1
20/50	4
20/70	3
Total General	31

Tabla 26. Resultados del examen tradicional

2	8	20/20
4	7	20/25
5	8	20/20
6	5	20/40
7	4	20/50
8	2	20/100
9	3	20/70
10	6	20/30
11	9	20/15
12	4	20/50
13	7	20/25
14	6	20/30
15	3	20/70
16	3	20/70
17	8	20/20
18	9	20/15
19	8	20/20
20	7	20/25
21	8	20/20
22	9	20/15
23	7	20/25
25	8	20/20
26	8	20/20
27	7	20/25
28	4	20/50
29	8	20/20
30	8	20/20
31	9	20/15
32	4	20/50
33	7	20/25

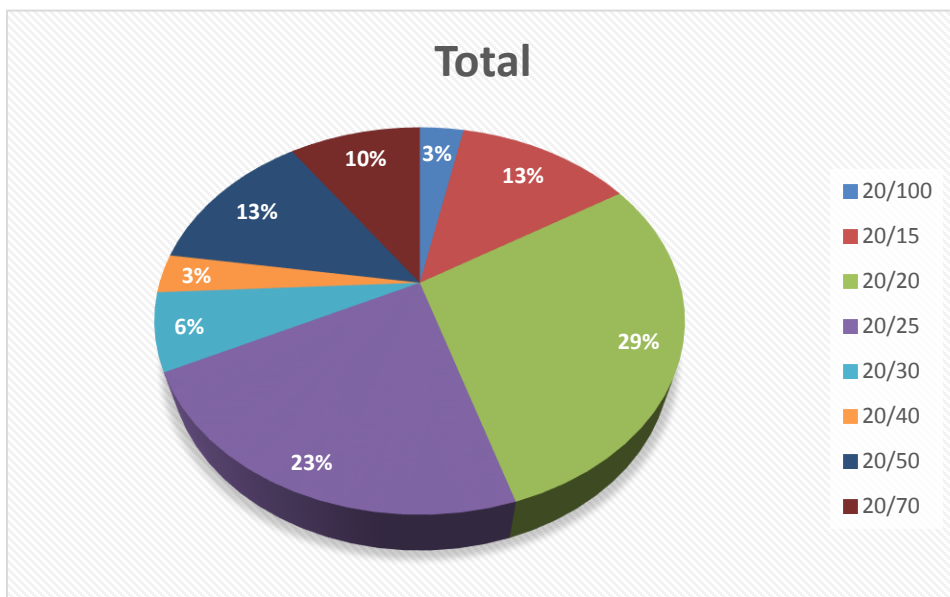


Gráfico 20. Resultado Examen Tradicional

Recordar que a partir de la fila 8 (20/20) se considera como vista óptima, por lo que podemos decir que gran cantidad de alumnos están dentro del promedio de vista óptimo. Otro factor a tomar en cuenta, es que la cantidad de niños que tienen una medida menor a 20/20, tienen miopía tratada a través de lentes correctivos.

Sólo se encontró 1 solo caso de miopía no corregida ni diagnosticada, con medida menor a 20/20.

Prueba con Aplicativo VR

El proceso de la prueba con el aplicativo fue el siguiente: se les indicó las instrucciones a los estudiantes, antes de que usen las gafas de Realidad Virtual. Dentro de la aplicación, existen instrucciones las cuales el estudiante fue siguiendo. Luego de acabar la sesión, los datos son guardados automáticamente. Al término del uso por estudiante, se procede a repetir el proceso con el estudiante siguiente. Al término de

cada iteración, se repitió con otros grupos de 5 a 6 alumnos, se hicieron las iteraciones posibles hasta que el tiempo designado se acabe.



Ilustración 33. Alumno utilizando el juego

El test dentro del aplicativo VR mostró los siguientes resultados, los cuales fueron comparados en una gráfica estadística. Se clasifico en 3 clases: igual, menor y mayor. Indicando la comparación con la medida anterior.

Tabla 27. Resultados del examen tras el aplicativo VR

N° Alumno	Fila	Medida Trad	PUNTAJE JUEGO	PORCENTAJE OBTENIDO	MEDIDA JUEGO
1	9	20/25	75	75.00	20/30
2	8	20/20	100	100.00	20/20
4	7	20/25	87.5	87.50	20/25
5	8	20/20	100	100.00	20/20
6	5	20/40	50	50.00	20/50
7	4	20/50	50	50.00	20/50
8	2	20/100	25	25.00	20/100
9	3	20/70	37.5	37.50	20/70
10	6	20/30	75	75.00	20/30
11	9	20/15	100	100.00	20/20
12	4	20/50	62.5	62.50	20/40
13	7	20/25	87.5	87.50	20/25
14	6	20/30	75	75.00	20/30
15	3	20/70	25	25.00	20/100
16	3	20/70	37.5	37.50	20/70
17	8	20/20	100	100.00	20/20
18	9	20/15	100	100.00	20/20
19	8	20/20	100	100.00	20/20
20	7	20/25	100	100.00	20/20
21	8	20/20	100	100.00	20/20
22	9	20/15	100	100.00	20/20
23	7	20/25	87.5	87.50	20/25
25	8	20/20	100	100.00	20/20
26	8	20/20	87.5	87.50	20/25
27	7	20/25	87.5	87.50	20/25
28	4	20/50	50	50.00	20/50
29	8	20/20	100	100.00	20/20
30	8	20/20	87.5	87.50	20/25
31	9	20/15	87.5	87.50	20/25
32	4	20/50	50	50.00	20/50
33	7	20/25	87.5	87.50	20/25

El análisis muestra que la gran mayoría de alumnos igualaron y superaron su medida actual. Por lo que existen 3 diferentes interpretaciones que hemos propuesto.

La primera, la dificultad de los test puede que haya mejorado su desempeño durante el test; ya que en el test de Snellen incluyen letras para reconocer por líneas, en comparación a las imágenes usadas en el aplicativo VR.

La segunda, es que la interactividad dentro del aplicativo VR hace que el alumno mejore su interés en el desarrollo del proceso mismo. Pudimos ver que muchos se emocionaron al completar los logros durante los test (aun cuando todas las respuestas son correctas); esto valida que el uso de la gamificación dentro del proceso aumenta notablemente el desempeño e interés.

La tercera, la distancia y el uso de una aplicación VR hacen que el alumno tenga una acomodación en cuanto al campo visual y percepción. Esto valida algunos estudios dentro de los antecedentes revisados, donde explican que el acomodamiento natural de los ojos hace que se puede mejorar la capacidad visual del paciente.

Mediante a los datos recopilados se comprobó el porcentaje de error y la desviación estándar en base a la fila respectiva y el decimal obtenido, respectivamente, de la medida resultante en el test de forma tradicional y en el test utilizando el juego de realidad virtual.

Tabla 28. Error porcentual de las medidas

Nº ALUMNO	MEDIDA TRAD	MEDIDA JUEGO-I1	MEDIDA JUEGO-I2	Nº FILA TRAD	Nº FILA JUEGO-I1	Nº FILA JUEGO-I2	Error absoluto	Error relativo	Error porcentual
1	20/25	20/30	20/30	7	6	6	0.29	0.04	4.08
2	20/20	20/20	20/25	8	8	7	0.13	0.02	1.56
4	20/25	20/25	20/25	7	7	7	-	-	-
5	20/20	20/20	20/20	8	8	8	-	-	-
6	20/40	20/50	20/40	5	4	5	0.20	0.04	4.00
7	20/50	20/50	20/50	4	4	4	-	-	-
8	20/100	20/100	20/100	2	2	2	-	-	-
9	20/70	20/70	20/70	3	3	3	-	-	-
10	20/30	20/30	20/40	6	6	5	0.17	0.03	2.78
11	20/20	20/20	20/25	8	8	7	0.13	0.02	1.56
12	20/50	20/40	20/40	4	5	5	0.50	0.13	12.50
13	20/25	20/25	20/25	7	7	7	-	-	-
14	20/30	20/30	20/30	6	6	6	-	-	-
15	20/70	20/100	20/100	3	2	2	0.67	0.22	22.22
16	20/70	20/70	20/70	3	3	3	-	-	-
17	20/20	20/20	20/20	8	8	8	-	-	-
18	20/20	20/20	20/20	8	8	8	-	-	-
19	20/20	20/20	20/25	8	8	7	0.13	0.02	1.56
20	20/25	20/20	20/20	7	8	8	0.29	0.04	4.08
21	20/20	20/20	20/20	8	8	8	-	-	-
22	20/20	20/20	20/20	8	8	8	-	-	-
23	20/25	20/25	20/25	7	7	7	-	-	-
25	20/20	20/20	20/20	8	8	8	-	-	-
26	20/20	20/25	20/30	8	7	6	0.38	0.05	4.69
27	20/25	20/25	20/25	7	7	7	-	-	-
28	20/50	20/50	20/50	4	4	4	-	-	-
29	20/20	20/20	20/20	8	8	8	-	-	-
30	20/20	20/20	20/20	8	8	8	-	-	-
31	20/20	20/25	20/25	8	7	7	0.25	0.03	3.13
32	20/50	20/50	20/40	4	4	5	0.25	0.06	6.25
33	20/25	20/25	20/25	7	7	7	-	-	-
PROMEDIO									2.21

Tabla 29. Registro de datos para la desviación estándar

DECIMAL TRAD	DECIMAL JUEGO- I1	DECIMA JUEGO- I2	(Xi1 - Xp)^2	(Xi2 - Xp)^2
0.8	0.666666667	0.666666667	0.004182175	0.001771492
1	1	0.8	0.072180127	0.008325511
0.8	0.8	0.8	0.004714689	0.008325511
1	1	1	0.072180127	0.084823207
0.5	0.4	0.5	0.109783814	0.043578967
0.4	0.4	0.4	0.109783814	0.09533012
0.2	0.2	0.2	0.282318376	0.258832424
0.285714286	0.285714286	0.285714286	0.198579074	0.178964089
0.666666667	0.666666667	0.5	0.004182175	0.043578967
1	1	0.8	0.072180127	0.008325511
0.4	0.5	0.5	0.053516533	0.043578967
0.8	0.8	0.8	0.004714689	0.008325511
0.666666667	0.666666667	0.666666667	0.004182175	0.001771492
0.285714286	0.2	0.2	0.282318376	0.258832424
0.285714286	0.285714286	0.285714286	0.198579074	0.178964089
1	1	1	0.072180127	0.084823207
1	1	1	0.072180127	0.084823207
1	1	0.8	0.072180127	0.008325511
0.8	1	1	0.072180127	0.084823207
1	1	1	0.072180127	0.084823207
1	1	1	0.072180127	0.084823207
0.8	0.8	0.8	0.004714689	0.008325511
1	1	1	0.072180127	0.084823207
1	0.8	0.666666667	0.004714689	0.001771492
0.8	0.8	0.8	0.004714689	0.008325511
0.4	0.4	0.4	0.109783814	0.09533012
1	1	1	0.072180127	0.084823207
1	1	1	0.072180127	0.084823207
1	0.8	0.8	0.004714689	0.008325511
0.4	0.4	0.5	0.109783814	0.043578967
0.8	0.8	0.8	0.004714689	0.008325511
	0.731336406	0.70875576	2.36615756	2.084222076
	PROMEDIO		SUMA	

Tabla 30. Desviación estándar resultante

DESVIACIÓN ESTÁNDAR I1	0.05
DESVIACIÓN ESTÁNDAR I2	0.05
PROMEDIO	0.05

Basándose en el resultado mostrado en el cuadro anterior, se puede observar que son pocos los casos donde se encuentra algún error en la medida resultante luego de la realización el juego de realidad virtual. Considerando esto, se puede afirmar que al menos en **3 de cada 10 test realizados** en el juego muestran algún error, siendo este de ± 1 con respecto a las filas.

Con el error porcentual promedio hallado (**2.21%**), se puede afirmar que los resultados obtenidos mediante el juego son relativamente confiables, ya que, el error es notablemente pequeño, siendo incluso menor al error encontrado en los test tradicionales, por lo tanto, el porcentaje de precisión de la aplicación de realidad virtual es de **97.79%**. Mientras, con la desviación estándar hallada, se afirma que, en promedio, el valor de la medida del paciente se desvía de la media aproximadamente **0.05**.

4.5.1. Interpretación

En base a los resultados obtenidos se pudo demostrar que la aplicación de realidad virtual es capaz de detectar si el paciente sufre de algún problema de agudeza visual. A tal punto, que el porcentaje de error de esta aplicación es menor a la del test tradicional de Snellen, y la desviación estándar es de solo **0.05**.

Por lo tanto, el objetivo 5 es el paso final para el proceso de desarrollo del proyecto, al validar el funcionamiento y correcto y preciso del juego.

CAPÍTULO V: CONTRASTACIÓN

5.1. Docimancia

Con el fin de realizar la contrastación, los resultados obtenidos se colocaron en un cuadro, donde se separaron a los alumnos, por la medida detectada y por iteración realizada. Obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 31. Registro de datos normalizados

	20/10 0	20/20	20/25	20/30	20/40	20/50	20/70	TOT AL
Primera Ronda	1	9	7	2	1	4	3	27
Segunda Ronda	1	10	8	3	2	5	2	32
Total	2	19	15	6	3	9	5	59

Con el uso de la tabla anterior se realizaron tres pruebas estadísticas para la validación de los datos:

5.1.1. Validación de fiabilidad

Para la validación de la fiabilidad de los datos recolectados, se realizó la prueba de Alpha de Cronbach. Para esto, se calculó la varianza respectiva para cada columna:

Tabla 32. Varianza por columna

	20/100	20/20	20/25	20/30	20/40	20/50	20/70	TOTAL
Primera Ronda	1	9	7	2	1	4	3	27
Segunda Ronda	1	10	8	3	2	5	2	32
Total	2	19	15	6	3	9	5	64
Varianza	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	12.5

Una vez hallado la varianza, se calcularon los datos necesarios para hallar el Alfa de Cronbach, como son el número de columnas utilizadas, la varianza total y la sumatoria de las varianzas. A continuación, los datos ya hallados:

Tabla 33. Datos de análisis estadístico para Cronbach

K	8
Σvi	3
Vt	12.5

Donde:

- K es el número de columnas.
- Σvi es la sumatoria de las varianzas obtenidas con anterioridad.
- Vt es la varianza del total.

Para hallar el Alfa de Cronbach se utilizarán los datos hallados anteriormente, en la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{k}{k - 1} \left(1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right)$$

Ilustración 34. Fórmula de Alfa de Cronbach

Mediante la fórmula anterior se obtuvo que el Alfa de Cronbach tiene un valor de **0.8686**, por lo cual se valida que los datos registrados son fiables de acuerdo a la escala de medida que se maneja actualmente. En este caso, la fiabilidad es alta, ya que mientras más cerca de 1 el valor del Alfa, más fiables son los datos.

5.1.2. Normalización

Para la normalización se realizó la prueba de Shapiro Wilk en RStudio. Se dividieron los datos en dos listas distintas, uno compuesto por los resultados obtenidos en la prueba tradicional y el otro mediante el uso del juego.

```
#Lectura del dataset
dato<-read.csv("F:/Validacion.csv",sep="," ,header = T)

## Conversión de datos a numericos
dato[,1]<-as.numeric(dato[,1])
dato[,2]<-as.numeric(dato[,2])

## Resultados test tradicional
p1<-dato[,1]

## Resultados test en el juego
p2<-dato[,2]

##Shapiro Wilk

##Prueba de Shapiro Wilk - Test tradicional
shapiro.test(p1)

## Prueba de Shapiro Wilk - Test en el juego
shapiro.test(p2)
```

Primero, se leyó el dataset creado en un archivo csv con los datos de los resultados. Estos datos al leerlos, se guardan como variables de tipo carácter, por lo que se convirtió cada dato a tipo numérico. Posteriormente, se separaron los datos en dos listas, acorde a la iteración a la que pertenece. Finalmente, se realizó la prueba de Shapiro Wilk para cada lista. Obteniendo el siguiente resultado:

```
shapiro-wilk normality test
data:  p1
w = 0.88292, p-value = 0.2397

shapiro-wilk normality test
data:  p2
w = 0.88381, p-value = 0.2439
```

Ilustración 35. Resultado de las prueba de Shapiro Wilk

Según la prueba de Shapiro Wilk, si el valor obtenido es mayor a **0.05** entonces para la validación estadística de los datos es necesario realizar una prueba paramétrica, de lo contrario se realiza no paramétrica. En base a la respuesta obtenido por cada lista de datos analizado, es válido decir que para la validación estadística de los resultados obtenidos es necesario realizar una prueba paramétrica.

5.1.3. Análisis estadístico

Según lo dicho en el punto anterior, al ser necesario una prueba paramétrica para la validación estadística de los datos. Entonces se realizó el análisis estadístico de Correlación de Pearson, con el fin de comprobar si existe una relación entre el método de realización del examen de medición de la agudeza visual con los resultados obtenidos de este examen. Para esto se utilizaron las librerías de RStudio y SPSS.

```
##Obtención de la covarianza
m<-cor(dato)

##Obtención de la correlación
corrplot(m,method = "number")

chart.Correlation(dato)
```

En primer lugar, usando todos los datos de los estudiantes, se halló la variable de covarianza, para posteriormente, sacar la correlación entre los datos con la librería **corrplot**, y graficarlo con **char.Correlation**, esto con respecto a R Studio. Dando el siguiente resultado:

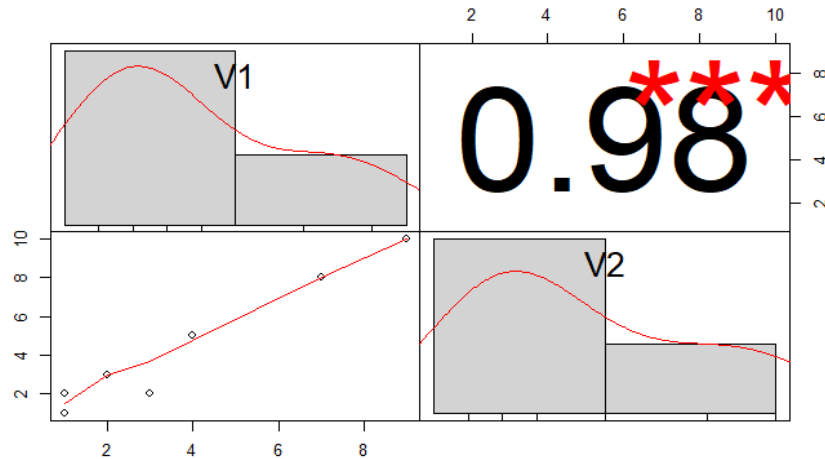


Ilustración 36. Resultado de las prueba de Correlación de Pearson en R Studio

Con respecto al software SPSS, se agregaron como variables los valores obtenidos por cada medida de cada estudiante, y los resultados son los siguientes:

		Medidas simétricas			
		Valor	Error estándar asintótico ^a	Aprox. S ^b	Aprox. Sig.
Intervalo por intervalo	R de persona	,366	,033	2,121	,043 ^c
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,907	,049	11,583	,000 ^c
N de casos válidos		31			

a. No se supone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que asume la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.

Ilustración 37. Resultado de la prueba de Correlación de Pearson en SPSS

El resultado muestra una correlación de **0.9**. En base a esto, se puede decir que los datos obtenidos en cada iteración muestran una correlación positiva significativa, es decir, si una medida en la prueba de test tradicional aumenta o disminuye, por lo tanto, la medida resultante en el juego también debe aumentar o disminuir, respectivamente. Por lo tanto, se demuestra que existe una relación directa o lineal entre las medidas resultantes entre los métodos, en otras palabras, una medida no puede cambiar, ya sea aumentando o disminuyendo, usando un método sin que esta misma medida se altere, del mismo modo, usando el otro método.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este apartado se realiza la discusión de resultados y comparación con antecedentes siguiendo cada objetivo en orden.

- OE1: Estudiar el proceso de detección de la miopía tradicional en la clínica oftalmológica “Luz y Vida”.

Durante el estudio del proceso de detección, se comprobó los problemas durante la ejecución del proceso en pacientes niños. Ya que, en el desarrollo de la práctica guiada en el centro oftalmológico “Luz y Vida”, un 95% de los pacientes a los que tomamos su agudeza visual presentaron los siguientes casos:

- Aburrimiento casi inmediato
- Poca cooperación
- Respuestas inventadas

Estos casos también comprueban la investigación “The measurement of visual acuity in children: an evidence-based update” de Nicola S Anstice PhD BOptom (Hons) y Benjamin Thompson PhD (2013), donde se realiza una revisión a la ejecución de la toma de agudeza visual enfocada exclusivamente a niños y se demostró que edades desde 4 años hasta los 10 años, los niños tienden a mentir sus resultados al perder el interés durante los exámenes. Específicamente con tests con los octotipos de Cardiff (que usa imágenes como referencia, un caso semejante se puede ver durante el test con los octotipos de Snellen (que usa las letras, es el test usado durante la práctica guiada y no guiada).

- OE2: Desarrollar la fase de análisis y diseño de la aplicación de Realidad Virtual, Unity para la obtención de artefactos utilizando el lenguaje UML.

En la investigación “Emulation of Physician Tasks in Eye-Tracked Virtual Reality for Remote Diagnosis of Neurodegenerative Disease” de Jason Orlosky, Yuta Itoh, Maud Ranchet, Kiyoshi Kiyokawa, John Morgan y Hannes Devos (2017) recalcan 3 aspectos importantes que aplicamos durante el planeamiento del desarrollo de la aplicación los cuales son:

- a) El sistema debe concentrarse en presentar sólo un valor de despistaje, no un diagnóstico integral.
- b) El sistema debe tener un subsistema el cual tomara los datos para posterior evaluación.
- c) El sistema de Realidad Virtual debe tener el hardware más accesible para su ampliación notable en usuarios.

El primer punto, fue validado también con la Dra. Harumi (dentro de las entrevistas de requerimientos en el centro oftalmológico “Luz y Vida”) quien mencionó que la aplicación debería centrarse en ser un sistema de cribaje, es decir un despistaje aproximado de la prueba real de bajo costo y con mayor accesibilidad que los métodos tradicionales. Esto también respalda el tercer punto, ya que en el proyecto se definió como hardware usar Google Cardboard el cual sólo requiere un celular de gama media alta y el visor de cartón (o un visor VR normal).

Dentro de lo que respecta al segundo punto, se definió en la arquitectura una base de datos en tiempo real Firebase; a la cual la aplicación y el portal web están conectadas para su gestión de pacientes y posterior diagnóstico.

- OE3: Desarrollar el entorno de Realidad Virtual en Unity según especificaciones aprendidas en el proceso de detección tradicional y aplicando el marco de referencia usada en el estudio Enhancing Healthcare with Virtual Reality (Peng Xia, 2018).

En la investigación “Enhancing Healthcare with Virtual Reality” de Peng Xia (2018) se propone una arquitectura y ciertos flujos de trabajos para definir su sistema de Realidad Virtual, durante el desarrollo de nuestra aplicación verificamos la validez de estos flujos adaptándolos a nuestro proyecto. Lo que ha dado resultados positivos, ya que nos ayudó como marco de trabajo puesto que no existen marcos de referencia exactos para aplicaciones similares.

Se realizó el desarrollo del test de agudeza visual tomando en cuenta la investigación “A Simulator to Study the effects of color and color blindness on Motion Sickness in Virtual Reality using Head Mounted Displays” de Dimitri A. Gusev, David M. Whittinghill y Justin Yong (2016) en donde se realizó una simulación de Realidad virtual y sus efectos de los colores y movimientos en pacientes daltónicos. En el proyecto se confirmaron estos efectos durante el desarrollo del entorno, lo que hizo que usemos colores primarios claros y poco movimiento de cámara para no crear, lo que Bonato (2004) llama: Malestar motriz inducido visualmente (por sus siglas en inglés Visually induced motion sickness VIMS).

- OE4: Validar la aplicación de Realidad Virtual en Unity usando usando pruebas de usabilidad

En la tesis “Desarrollo y evaluación de usabilidad de un juego "serio" utilizado en la enseñanza del comportamiento de la Bolsa de Valores y Cereales”, se recalca la importancia del uso de test de usabilidad en la fase de diseño y desarrollo de aplicaciones, recalcando: La importancia contar con guías y herramientas que ayuden a prevenir errores que afecten la experiencia del usuario al hacer uso del sitio, ya que en base a esto se pueden analizar posibles alternativas para remediarlos (Anahi & Elisabet, 2018).

Esto fue validado durante la realización de las pruebas de usabilidad al usuario y aun experto de UI/UX, al notar la facilidad con la que se pueden hallar los errores que afecte el rendimiento de la aplicación, permitiendo la búsqueda rápida de soluciones y facilitando a la toma de decisiones con respecto a los problemas encontrados.

- OE5: Desplegar el sistema Realidad Virtual y Machine Learning en el centro Educativo Privado “Nuestra Señora del Perpetuo Socorro” en el año 2019.

Luego de realizar el despliegue y su análisis estadístico, confirmamos el estudio “Estimating distance in real and virtual environments: Does order make a difference?” de Christine J. Ziemer, Jodie M. Plumert, James F. Cremer, y Joseph K. Kearney (2009) donde concluyen después de varias pruebas, que el margen entre distancias simuladas y distancias reales es un 10% entre distancias desde 5 pies hasta 50 pies, a partir de 50 pies las distancias cambian drásticamente.

En nuestro proyecto durante el análisis estadístico, encontramos que el 80% de alumnos obtuvieron una medida igual o superior (dentro de la aplicación) en comparación a su medida tomada por el test tradicional tomado anteriormente. Lo que confirma que existe una variación del 10% entre distancias reales y simuladas.

También en la investigación “Visual field examination method using virtual reality glasses compared with the Humphrey perimeter” de Tsapakis S, Papaconstantinou D, Diagourtas A, Droutsas K, Andreanos K, Moschos MM, Brouzas D (2017), se obtuvo un coeficiente de Spearman de correlación de $r=0.808$, validando así su confiabilidad para su uso clínico. En nuestra investigación, se obtuvo un coeficiente de Pearson de $r=0.9$, también validando así la correlación entre los datos obtenidos y su confiabilidad. Recalcar que ambas aplicaciones tienen diferentes enfoques, pero los datos recolectados como el análisis estadístico es similar, puesto a que tuvo una misma forma de obtención.

CONCLUSIONES

- a) Durante el tiempo de aprendizaje del proceso, que los resultados del test de Snellen, varían un **8,722%**, según cómo se comporta el paciente durante este test, como es en el caso de los niños, los cuales tendían a decir letras de forma aleatoria, aumentando el margen de error que de por sí ya existe durante la realización del test. A esto se le suma la subjetividad del test, ya que muchas veces el resultado depende del criterio del oftalmólogo.
- b) En la fase de diseño se pudo comprobar que al utilizar SCRUM y las herramientas proporcionadas por UML, basándose al desarrollo de videojuegos, el tiempo de duración del proceso de planificación disminuye en un **15% (8 semanas)**, al adaptar y reducir los pasos necesarios para plantear el desarrollo de un videojuego, además de presentar herramientas fáciles y claras de realizar.
- c) Se comprueba que la utilización de las herramientas de Unity y Visual Studio permite a cualquier proyecto de desarrollo de videojuegos trabajar de forma eficiente en un **90%**, reduciendo el tiempo un **20%**, en cuanto a desarrollo de entornos de realidad virtual.
- d) Se observa que los test de usabilidad ayudan a cualquier proyecto de desarrollo de videojuegos a reducir el tiempo de pruebas y validación en un **50%**, en cuanto a la jugabilidad y a la aprobación por parte del público objetivo del producto desarrollado.
- e) Se comprobó que mediante que la aplicación de realidad virtual es capaz de detectar problemas de miopía de forma efectiva, reduciendo el porcentaje de error encontrado durante la realización de las pruebas de medición de la vista en niños a **9,21%**. Dando una precisión de **90.79%**.

RECOMENDACIONES

- ☒ Probar la conexión a firebase en primer lugar, antes de comenzar con las demás funcionalidades.
- ☒ Seguir los pasos de conexión de Firebase y Unity.
- ☒ Mantener una misma versión de Unity entre miembros del proyecto para que no existan problemas de incompatibilidad en Unity Cloud.
- ☒ Mantener una cantidad mínima de assets en la simulación para no sobrecargar el renderizador.
- ☒ Mantener la gestión a través de un sistema de archivos, de modo que no se pierdan documentos.
- ☒ Trabajar con una metodología especializada para desarrollo de videojuegos, esto permitirá trabajar con mayor facilidad y rapidez.
- ☒ Reutilizar prefabs y código, para la realización de cambios sin perder mucho tiempo.
- ☒ Revisar los SDK necesarios para la exportación de APK en Unity.
- ☒ Tener una cantidad de puntos de luces mínima y usar colores planos, para no crear malestar motriz inducido y/o mareos dentro de la simulación.
- ☒ Limitar al usuario en zonas donde no debería ir o actuar (colliders en los límites, detener al jugador mientras selecciona).
- ☒ Mantener uniformidad en el diccionario de datos usado tanto en la página web y la aplicación VR para su guardado de datos en Firebase, para que no exista ambigüedad.
- ☒ Las tareas deben ser simples y el movimiento fácil de acceder.
- ☒ Se deben utilizar pruebas de usabilidad y de pruebas de experiencia de usuarios, para medir cada aspecto del proyecto.
- ☒ Cada funcionalidad a agregarse debe probar en primer lugar de forma unitaria y luego integrada a la aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

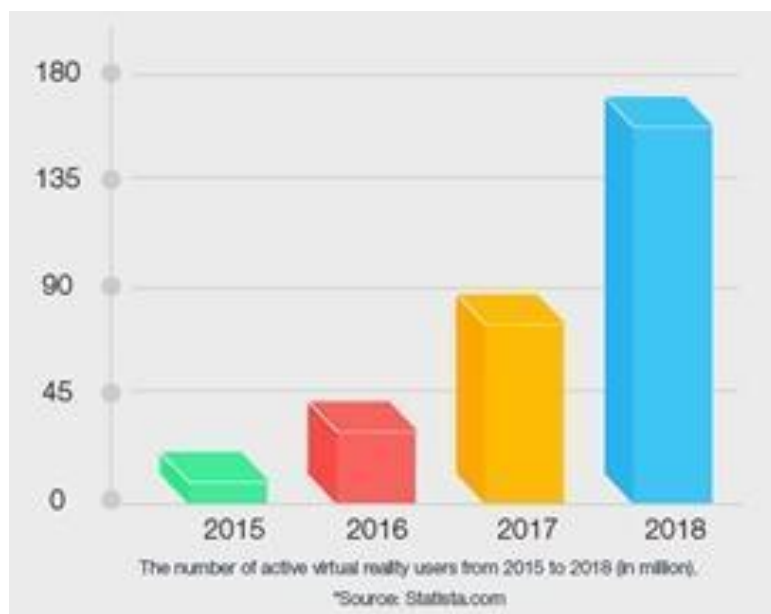
- Ariana M Levin, M. J. (2019). The Future of Virtual Reality in Ophthalmology Is Already Here.
- Belen Anahi Amaro, E. E. (2018). Desarrollo y evaluación de usabilidad de un juego "serio" utilizado en la enseñanza del comportamiento de la Bolsa de Valores y Cereales.
- Dimitri A. Gusev, D. M. (2016). A Simulator to Study the effects of color and color blindness on Motion sickness in Virtual Reality using Head Mounted Displays.
- Hillary K Rono, A. B. (2018). Smartphone based screening for visual impairment in Kenyan school children a cluster randomised controlled trial.
- Katharina Krösl, D. B. (2018). A VR-based user study on the effects of vision impairments on recognition distances of escape-route signs in buildings.
- Ola Younis, W. A.-N.-T.-A. (2017). Augmented and virtual reality approaches to help with peripheral vision loss.
- Riva, P. R. (2017). Ocular effects of virtual reality headset wear in young adults. The Beijing Advanced Innovation Center for Future Visual Entertainment, B. I.-C. (2017). Experiment Report on the Impact of Long-Term Use of Virtual Reality (VR) Head-Mounted Displays on the Vision of Pre-teen Users.
- Tran D. Le, R. A. (2017). Paediatric vision screening in the primary care setting in Ontario.
- Tsapakis S, P. D. (2017). Visual field examination method using virtual reality glasses compared with the Humphrey perimeter.
- Obermeyer, Z., & Emanuel, E. J. (2016). Predicting the Future - Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine. *The New England Journal of Medicine*, 375(13), 1216–1219. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1606181>
- Contreras, F. A. (2016). INTRODUCCIÓN A MACHINE LEARNING. SUNQU.*

- ITANNOVA. (2016). *Aplicación de nuevas tecnologías inmersivas para la innovación en la maquinaria de construcción, obra pública y minería*. Zaragoza: ANMOPYC.
- Anahi, B., & Elisabet, E. (2018). *Desarrollo y evaluación de usabilidad de un juego " serio " utilizado en la enseñanza del comportamiento de la Bolsa de Valores y Cereales* .
- Babich, N. (2018, Setiembre 1). Virtual Reality will change How we learn and How we teach. Retrieved from Adobe Blog: <https://theblog.adobe.com/virtual-reality-will-change-learn-teach/>
- Courville, K. (2016). *Technology and its use in Education: Present Roles and Future Prospects*. Louisiana.
- De Bruyckere, P., Kirschner, P., & Hulshof, C. (2016). *Technology in Education*. Retrieved from American Federation of Teachers: <https://www.aft.org/ae/spring2016/debruyckere-kirschner-and-hulshof>
- Grand View Research. (2017). *Virtual Reality (VR) Market Analysis By Device, By Technology, By Component, By Application*.
- Lipsky, J. (2016, Marzo 3). Smart Glasses May Replae Smartphones. Retrieved from EE Times: https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1329197
- Reede, E., & Bailiff, L. (2016, Enero 23). When Virtual Reality Meets Education. Retrieved from TechCrunch: <https://techcrunch.com/2016/01/23/when-virtual-reality-meets-education/>
- Virtual & Augmented Reality in Further & Higher Education. (2018). Retrieved from ClassVR: <http://www.classvr.com/virtual-reality-in-education/vr-university-higher-education/>
- Obermeyer, Ziad, & Emanuel, E. J. (2016). Predicting the Future - Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine. *The New England Journal of Medicine*, 375(13), 1216–1219. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1606181>
- Salavati, S. (2016). *Use of Digital Technologies in Education - The complexity of Teachers Everyday Practice*. Linnaeus: Linnaeus University Press.
- Seipel, S. (2016). *An Introduction into Virtual Reality Environments*.

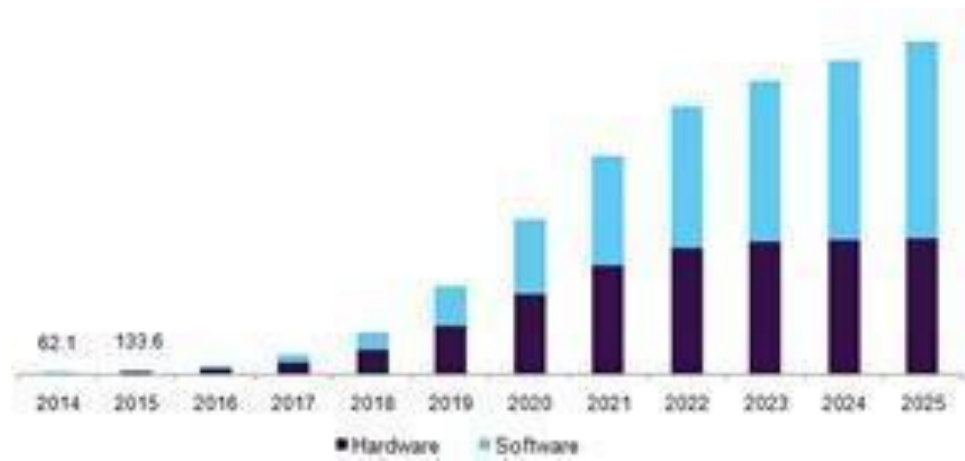
- Obermeyer, Z, medicine, E. E.-T. N. E. journal of, & 2016, undefined. (n.d.). Predicting the future—big data, machine learning, and clinical medicine. Ncbi.Nlm.Nih.Gov. Retrieved from
- Witten, I. H. (Ian H. ., Frank, E., Hall, M. A. (Mark A., & Pal, C. J. (n.d.). Data mining: practical machine learning tools and techniques. Retrieved from [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=1SylCgAAQBAJ&oi=fn&pg=PP1&dq=machine+learning+secondary+school&ots=8ICNuiiDBc&sig=rQ32A4eIRb324aJ0o13mH8M7ECY#v=onepage&q=machine learning secondary school&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=1SylCgAAQBAJ&oi=fn&pg=PP1&dq=machine+learning+secondary+school&ots=8ICNuiiDBc&sig=rQ32A4eIRb324aJ0o13mH8M7ECY#v=onepage&q=machine%20learning%20secondary%20school&f=false)
- Velasco, J. A. M. Inteligencia Artificial y conciencia. Departamento de Matemáticas de la UAH. Recuperado de: http://www2.uah.es/benito_fraile/ponencias/inteligencia-artificial.pdf.

ANEXOS

ANEXO I: Cantidad de usuarios de VR del 2015 al 2018 (millones).



ANEXO II: Proyección de inversión en proyectos de VR del 2014 al 2025.



ANEXO III: Registro de participantes en la V Feria de Ciencia, tecnología e innovación

- UPAO

NOMBRE COMPLETO	EDAD	GENERO (M/F)	COLEGIO	MEDIDA TRADICIONAL	VR	OBSERVACIONES (NO LLENAR)
César Fabian Rojas	16	M	S.F. Sanchez Corcon			
Jairo Bna Fernandez	17	M	Daniel Hoyle			
Jose Mandy	16	M	Daniel Hoyle			
Rodriguez Junior	17	M	Daniel Hoyle			
Jucero Cabosmalón	21	F	Upao			
Fernando de los Andes	17	F	Daniel Hoyle			
Jhohan Rodriguez	19	M	San Jose			
David Reyes	17	M	San Juan			
Josa Schroeder	22	M				
Luis Rojas	29	M				
Julia Paiz Robles	23	M				
Alexandra de las Casas	17	F	UPAO			
Arlido Mottus	27	F	UPAO			
Janderi Garcia	20	F	UPAO			
Romero Jaramila	19	M	Andrés Bello			
Simon Andres de la Cruz	15	M	Trilce			
José Eduardo Antonio	18	M	UPAO			
Gracias Cuervo Christian	19	M	UPAO			
Erica Diana Nolasco	18	F	Ricardo Palma			

ANEXO IV: Esquema de entrevista realizada a expertos en la realización del examen de medición de la visión.

ENTREVISTA

NOMBRE:

PROFESIÓN:

ESPECIALIDAD:

1. ¿Qué tan importante es la toma de agudeza visual en un niño? ¿Por qué?
2. ¿Qué problemas se pueden encontrar durante el proceso de detección?
3. Según su punto de vista, ¿cómo hacer que los niños colaboren durante los exámenes médicos?

ANEXO V: Esquema de cuestionario para la realización del test de usabilidad.

Cuestionario del juego

*Obligatorio

Posterior al Juego

1. ¿Te gustaron los escenarios mostrados en el juego? *

- Si
- No
- Puede mejorar

2. ¿Te gustaron las animaciones del juego? *

- Si
- No
- Puede mejorar

3. ¿Te gustaron los colores usados en el juego? *

- Sí
- No
- Puede mejorar

4. ¿Se entendieron las instrucciones del juego? *

- Sí
- Con dificultades
- Casi nada
- No

5. ¿Como calificas tu tiempo de espera durante tu interacción con el juego? (transiciones de escenarios, realización de actividades, etc.) *

	1	2	3	4	5	
Malo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

9. Califica la interacción con los objetos dentro de los escenarios, al compilar el videojuego: (Diseño, desplazamiento, sonidos, color)

	1	2	3	4	5	
Muy malo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

10. ¿Has visto algún error durante la interacción el juego?

- Sí, varias.
- Sí, pero muy pocas.
- No, ninguno

12. ¿Los mensajes de la confirmación del termino del videojuego son entendibles?

- Sí
- No

13. Califica el nivel de entendimiento de los mensajes de confirmación del termino del videojuego.

	1	2	3	4	5	
Muy malo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente