



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

“Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas y
Computación”

TRABAJO DE TITULACIÓN

**DESARROLLO DE HEURÍSTICAS DE USABILIDAD PARA
APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL UTILIZANDO LA
METODOLOGÍA PROMETHEUS**

Autores:

Jefferson Robalino.

Dennys Naranjo

Tutor:

Ing. Fernando Molina

Riobamba - Ecuador

2018

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“Desarrollo de heurísticas de usabilidad para aplicaciones de realidad virtual utilizando la metodología PROMETHEUS”**, presentando por los: Sr. Jefferson Gonzalo Robalino Zambrano y Sr. Naranjo Cayambe Dennys Alejandro, y dirigida por: Ing. Fernando Molina.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Fernando Molina
Director del Proyecto



Firma

Ing. Gonzalo Allauca
Miembro del Tribunal



Firma

Ing. Pamela Buñay
Miembro del Tribunal



Firma

Autoría de la Investigación

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: el Sr. Jefferson Gonzalo Robalino Zambrano y el Sr. Dennys Alejandro Naranjo Cayambe, autores del proyecto de investigación, a el Ing. Fernando Molina, Director de Tesis; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo,

Jefferson G. Robalino Z.

0604117069

Dennys A. Naranjo C.

0604106609

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo de investigación quiero agradecer a Dios por brindarme salud, la vida y por permitirme hacer realidad este anhelado sueño.

Expreso mi agradecimiento a la **Universidad Nacional de Chimborazo**, la cual me abrió sus puertas para culminar con éxito una etapa más de mi vida, preparándome para un futuro competitivo y poder servir a la sociedad con nuestros sólidos conocimientos para el progreso del país.

Autor: Jefferson Robalino.

En primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi familia a mi MADRE, a mis hermanas y a todos mis tíos; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. Por último, a mi compañero de tesis porque en esta armonía grupal lo hemos logrado y a mi director de tesis quién nos ayudó en todo momento, Msc.

Autor: Dennys Naranjo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios por su infinito amor y misericordia al darme la vida, fuerzas y salvación. Dedico también a mis padres por su constante trabajo en mi para que pueda ser una persona responsable y que puede superar sus metas, dedico a mi pastor y mis amigos de la fe, los cuales siempre han estado en momentos difíciles apoyándome y dándome palabras de ánimo. A mis hermanas por ser esa parte de mi casa donde puedo descansar al tener una familia, dedico a mi novia, quien se ha preocupado porque cada parte de mi vida podamos seguir construyendo un futuro. Es por todas estas personas mencionas que puedo llegar hasta etapa de mi vida y les dedico este proyecto.

Autor: Jefferson Robalino

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mi madre, quien a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora.

Autor: Dennys Naranjo

Índice General

Índice General	vii
Índice de Tablas	x
Índice de Ilustraciones	x
Resumen.....	xii
Abstract	¡Error! Marcador no definido.
Introducción	1
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos:	3
CAPÍTULO I.....	4
1. Estado del Arte.....	4
1.1 Definición de Usabilidad según Autores	4
1.1.1 International Organization for Standardization 9241 (ISO).	4
1.1.2 International Organization for Standardization e International Electrotechnical Commission 25010 (ISO/IEC).....	5
1.2 Atributos de la Usabilidad.....	5
1.3 Características de la Usabilidad	5
1.4 Métricas de Usabilidad	6
1.5 Nueva Métrica para la Usabilidad.....	6
1.6 Modelo de Usabilidad	6
1.7 Línea de tiempo en que se crearon estos modelos de usabilidad	8
1.8 Métodos de Evaluación de Usabilidad.....	8
1.8.1 Método por Test.....	8
1.8.2 Método por Inspección	9

1.9	Definición de Heurísticas.....	9
1.10	Prometheus.....	10
1.11	Usabilidad de Aplicaciones de Realidad Virtual	12
1.11.1	Realidad Virtual	12
CAPÍTULO II		13
METODOLOGÍA		13
2.1.	Tipos De Estudio.....	13
2.1.1.	Método Histórico-Lógico.....	13
2.1.2.	Método Inductivo-Deductivo	14
2.1.3.	Método de Análisis-Síntesis.....	14
2.1.4.	Método Hipotético–Deductivo.....	14
2.1.5.	La Investigación Bibliográfica.....	14
2.2.	fase del desarrollo del software.....	14
2.2.1.	Desarrollo ágil.....	14
2.2.2.	Fase de análisis de metodología de PROMETHEUS	15
2.2.3.	Fase de Prototipado	15
2.3.	Research Methodology	15
2.3.1.	Fase 1 características de la búsqueda.....	15
2.3.2.	Fase 2 método de búsqueda	15
2.4	Análisis estadístico.....	16
2.5.	Operacionalización De Variables.....	16
CAPÍTULO III.....		17
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		17
3.1. Aplicación de la metodología PROMETHEUS.....		17
Etapa 1: Búsqueda de información específica		17
Etapa 2: Búsqueda de heurísticas de usabilidad.....		18
Etapa 3: Especificidad de heurísticas.....		18

Etapa 4: Normalización de heurísticas	18
Etapa 5: Priorización de heurísticas	18
Etapa 6: Descripción de las heurísticas	18
Etapas 7 y 8: Validación y Refinamiento.....	19
3.2. RESULTADOS.....	20
3.2.1 Análisis según Cantidad de problemas	20
3.2.2. Análisis según Severidad	21
3.2.3. Análisis según Criticidad	21
3.2.4. Análisis según Frecuencia de ocurrencia	22
3.2.5. Análisis según especificidad	22
3.3. Comprobación de la Hipótesis	23
CAPÍTULO IV	25
2 Conclusiones y Recomendaciones	25
2.3 Conclusiones	25
2.4 Recomendaciones	27
7. BIBLIOGRAFÍA	28
8. ANEXOS	31
9. DICTAMEN DE CONFORMIDAD	¡Error! Marcador no definido.

Índice de Tablas

Tabla 1: Modelos para cuantificar y evaluar la usabilidad	7
Tabla 2: Descripción de la metodología PROMETHEUS	11
Tabla 3: Método research.....	15
Tabla 4 Operacionalización de variables	16
Tabla 5: Problemas evaluados con Heurísticas de Nielsen	19
Tabla 6: Problemas resultantes de la evaluación de H. RV	20
Tabla 7: Cantidad de Problemas	20
Tabla 8: Comprobación de la Hipótesis	23
Tabla 9: Contexto de uso	31
Tabla 10: Dispositivos lógicos de interacción	31
Tabla 11: Dispositivos físicos de iteración	32
Tabla 12: Perfiles de usuarios	32
Tabla 13: Heurísticas resultantes de la búsqueda.....	32
Tabla 14: Especificidad de heurísticas	33
Tabla 15: Normalización de heurísticas	34
Tabla 16: Priorización de heurísticas	35

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1; Línea de tiempo de modelos de usabilidad	8
Ilustración 2 Análisis de severidad	21
Ilustración 3: Análisis de severidad	21
Ilustración 4: Análisis de frecuencia de ocurrencia	22
Ilustración 5: Análisis según especificad	22
Ilustración 6: Análisis según especificidad/severidad	23
Ilustración 7: Prueba en VR 1	36
Ilustración 8: Prueba en VR 2	36
Ilustración 9: Prueba en VR 3	37
Ilustración 10: Prueba en VR 4	37
Ilustración 11: Prueba en VR 5	38

Ilustración 12: Prueba en VR 6 38

Ilustración 13: Prueba en VR 7 39

Ilustración 14: Prueba en VR 8 39

Ilustración 15: Prueba en VR 9 40

Ilustración 16: Prueba en VR 10 40

Ilustración 17: Prueba en VR 11 41

Ilustración 18: Prueba en VR 12 41

Ilustración 19: Prueba en VR 13 42

Ilustración 20: Prueba en VR 14 42

Ilustración 21: Prueba en VR 15 43

Ilustración 22: Prueba en VR 16 43

Ilustración 23: Prueba en VR 17 44

Ilustración 24: Prueba en VR 18 44

Ilustración 25: Prueba en VR 19 45

Ilustración 26: Prueba en VR 20 46

Resumen

Con la llegada de la realidad virtual “VR” a los smartphones por medio de sus grandes pantallas y giroscopio incluido dentro del dispositivo, se potencializa el número de desarrollo de aplicaciones VR y lo podemos evidenciar en las tiendas de aplicaciones que estadísticamente son estas las aplicaciones que porcentualmente ha ido creciendo el número de descargas pero al ser así uno de sus principales problemas en usabilidad es importante que el usuario pueda utilizar este tipo de aplicación de forma intuitiva. Se han realizado muchos esfuerzos para crear heurísticas de usabilidad para realidad virtual pero no se ha utilizado una metodología propia de creación de heurísticas para una aplicación en específico como es la Realidad Virtual. A continuación, presentamos un paquete de heurísticas de usabilidad para RV los cuales servirán para desarrollo y control de usabilidad de este tipo de aplicaciones, las mismas que han sido probados en prototipos y con evaluadores capacitados en evaluación heurística, resultando de la metodología aplicada un número de heurísticas utilizables para la creación y medición de nuevas aplicaciones.

Palabras clave. - Usabilidad, realidad virtual, evaluación heurística.

Abstract

The advent of Virtual Reality "VR" to smartphones through its large screens and gyroscopes, accessories included inside the devices, has potentiated the number of VR application development and this has become evident in application stores that statistically have had a significant increase in the number of downloads of this type of applications, despite this increase there are several things that must be improved, one of its main problems is the usability considering that it is important that users can use this type of applications intuitively.

Many efforts have been made to create usability heuristics for virtual reality, but a suitable heuristic creation methodology has not been used for a kind of application, specifically for Virtual Reality. Then, a package of usability heuristics for VR is presented, resulting from the applied methodology, these will help in the creation and measurement of new applications, as well as for the development and control of usability in VR applications, and these have been tested in prototypes and with trained evaluators in the subject of heuristic evaluation.

Keywords - Usability, virtual reality, heuristic evaluation.



Reviewed by: Solís, Lorena
Language Center Teacher



Introducción

En la actualidad, se vive un gran avance de nuevas tecnologías como es la Realidad Virtual que trae consigo un nuevo mundo sumergible (Cabero & Barroso, 2015). Su potencial beneficio según la Cambridge University Press es la medicina Psicológica (Fernandez, Insfran, & Abrahão, 2011), por otro lado se menciona que de aquí a 3 o 5 años esta tecnología se incluirá en las instituciones educativas para el proceso de enseñanza y aprendizaje, situación que hacen necesario contemplar varios principios, tales como: diseñar ambientes lo suficientemente flexibles como para asegurar que la incorporación de este tipo de tecnología no se convierta en un problema tecnológico al no ser usable, sino en un problema educativo y didáctico (Cabero & Barroso, 2015).

“El éxito o fracaso de un producto de software está en gran medida determinado por la calidad de funcionamiento de sus interfaces” (Chipantiza, Lewis, & Olivo, 2015)

La usabilidad es capacidad de un producto de software para lograr que este sea entendido, que sea fácil de aprender y que tenga un resultado atractivo al usuario que lo va a ocupar. Todo esto al ser sometido a evaluaciones en distintas condiciones (ISO IEC 25010, 2011).

Existen diversos métodos de evaluación de usabilidad (Enriquez & Casas, 2013). Uno de los más comúnmente utilizados debido a su facilidad de aplicación y costo reducido es el método propuesto por Jakob Nielsen (Nielsen, 1993) y se basa fundamentalmente en el uso de una lista de llamados “principios de usabilidad” o “heurísticas” que son consideradas por los evaluadores al momento de ejecutar el método.

Si bien existen varios conjuntos de heurísticas que se han generado sobre las de Nielsen, diversos estudios han demostrado que estos conjuntos no son lo suficientemente completos para ser adaptados a todo tipo de aplicaciones (Jimenez, Lozada, & Rosas, 2016), por lo que su uso en el desarrollo o evaluaciones de aplicaciones de Realidad Virtual no podrían garantizar productos fáciles de usar.

Los instrumentos empleados actualmente para medir el nivel de usabilidad han sido diseñados para sistemas de software de tipo convencional (Enriquez & Casas, 2013). Estas herramientas muestran resultados efectivos al utilizarlos para evaluar aplicaciones de

Realidad Virtual, pero existen ciertas características singulares de estas aplicaciones que no son tomadas en cuenta al momento de realizar las evaluaciones. Esto se debe a que la aplicación de Realidad Virtual cuenta con características únicas que se diferencian de una aplicación de software de tipo convencional (Rodríguez, Yara, & Jaramillo, 2015).

El aporte con este trabajo de investigación se centra en desarrollar un conjunto de heurísticas específicas para evaluar la usabilidad de aplicaciones de realidad virtual mediante el método de evaluación heurística; para de esta manera poder determinar si sean alcanzado los objetivos de usabilidad que permitan asegurar la calidad en aplicaciones de software de este tipo.

Por otra parte, las heurísticas desarrolladas podrán ser utilizadas no sólo en evaluación de aplicaciones de realidad virtual sino también podrán servir como guías de diseño de estas aplicaciones.

La literatura revela varios conjuntos de heurísticas de usabilidad desarrolladas para distintos tipos de aplicaciones. Sin embargo, hasta el momento la mayor parte de estos conjuntos han sido desarrollados adaptando las 10 heurísticas generales de Nielsen (Nielsen, 1993) y no como parte de un proceso formal de desarrollo. PROMETHEUS se define como un PROCESO METodológico para el desarrollo de HEurísticas de Usabilidad que incluye una serie de etapas que permiten al investigador elegir un tipo de aplicación y lograr como resultado un conjunto de heurísticas de usabilidad específicas y adaptables a cada tipo de aplicación seleccionado (Jimenez, Allende Cid, & Figueroa, 2017).

El trabajo a continuación está organizado de la siguiente manera:

En el primer capítulo trataremos temas como la problematización, justificación, para el desarrollo de heurísticas de usabilidad para aplicaciones de realidad virtual utilizando la metodología PROMETHEUS, en el segundo capítulo trata sobre el estado del arte destallando conceptos de varios autores relacionados con la investigación propuesta, en el tercer capítulo trata sobre metodología utilizada para esta investigación donde se especifica los criterios de búsqueda y selección que nos ayudaran a filtrar los diferentes documentos investigados, en el cuarto capítulo tratamos sobre los resultados que obtenemos a las diferentes heurísticas planteadas, y por último en el capítulo cinco hablamos sobre las conclusiones de nuestra investigación.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar heurísticas de usabilidad para aplicaciones de realidad virtual utilizando la metodología PROMETHEUS.

Objetivos Específicos:

- Estudiar los conceptos de usabilidad, principios características y métodos de evaluación.
- Estudiar los conceptos de las aplicaciones de Realidad Virtual y sus características fundamentales.
- Aplicar PROMETHEUS como metodología para el desarrollo de heurísticas específicas para realidad virtual
- Validar el conjunto de heurísticas en un prototipo de aplicación de realidad virtual que recorre instalaciones de aprendizaje.

CAPÍTULO I

1. Estado del Arte

Los métodos de evaluación de usabilidad acogen un rol demasiado importante en el desarrollo de aplicaciones, porque nos dan a conocer los problemas de diseño actuales y potenciales (Perurena & Moráquez, 2013).

La usabilidad es considerada una característica de calidad por lo cual puede ser evaluada durante cualquier etapa del proceso de desarrollo del software, y no cuando el producto esté terminado (Moreno, Fernadez, & Marciszack, 2016). Por lo tanto, mediante evaluaciones de usabilidad de los diseños y prototipos, se lograría realizar aplicaciones de realidad virtual que sean amigables, entendibles, fáciles de usar y atractivos para los usuarios.

1.1 Definición de Usabilidad según Autores

Algunas de las definiciones más reconocidas de usabilidad son dadas por estándares reconocidos como es la ISO y autores renombrados:

1.1.1 International Organization for Standardization 9241 (ISO).

Una de las definiciones más citadas para este tipo de estudios es el estándar ISO 9241, el cual establece a la usabilidad como un atributo indispensable para la calidad de cualquier producto. Esta definición establecida por la ISO 9241 está enfocada en la calidad de trabajo de un sistema en uso. Por esta razón se puede decir que podrían existir otros factores que lograrían influenciar en escenarios reales como, por ejemplo: diferencias individuales, experiencia de usuario o factores organizacionales, etc. Según este estándar ISO/DIS 9241-11, la usabilidad se define como: *“El grado en el que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos, para lograr objetivos específicos en un contexto de uso específico.”* (ISO 9241-11, 1998)

1.1.2 International Organization for Standardization e International Electrotechnical Commission 25010 (ISO/IEC).

Llamamos usabilidad a la capacidad de un producto de software para lograr que este sea entendido, que sea fácil de aprender y que tenga un resultado atractivo al usuario que va lo va ocupar. Todo esto al ser sometido a determinadas condiciones. (ISO IEC 25010, 2011)

1.2 Atributos de la Usabilidad

Jakob Nielsen, uno de los más prestigiosos investigadores del área, define que la usabilidad es un atributo de calidad que sirve para evaluar lo fácil que puede ser usar las interfaces de usuario de un producto de software (Nielsen, 1993).

Nielsen entendía que la usabilidad se define en términos de cinco atributos:

- **Aprendizaje:** ¿Para los usuarios que tan fácil es realizar las tareas básicas la primera vez que interactúan con la interfaz del sistema?
- **Eficiencia:** Cuando los usuarios ya se familiarizaron con el diseño del sistema (Interfaz), ¿Con que rapidez pueden realizar las tareas?
- **Memoria:** ¿Cuánto pueden recordar los usuarios acerca del diseño después de un tiempo determinado de no utilizar el sistema?
- **Prevención de Errores:** ¿Qué tantos errores cometen los usuarios, cuan graves pueden ser y qué tan facilidad puede recuperarse de estos?
- **Satisfacción:** ¿Cuan agradable es utilizar la interfaz del sistema?

1.3 Características de la Usabilidad

Según la Organización Internacional para la Estandarización el modelo de calidad propuesto para la usabilidad posee sus propias características (ISO 9126, 2000):

- **Entendido.** -Capacidad del producto software que permite al usuario entender si el software es adecuado y cómo ser usado para unas tareas o condiciones de uso particulares.
- **Aprendido.** -Capacidad del producto software que permite al usuario aprender a utilizar aplicación.
- **Operado.** -Capacidad del producto software que permite al usuario operarlo y controlarlo.

- **Atracción.** -Capacidad del producto software de ser atractivo y agradable al usuario.

1.4 Métricas de Usabilidad

Por el motivo de que los atributos de una aplicación son definidos como abstractos, estos dificultan el poder ser directamente medidos. Para hacerlo se les empareja con distintas métricas, ejemplo, el atributo eficiencia puede ser evaluado mediante la métrica que calcula el tiempo empleado por un usuario en terminar una tarea específica(Enriquez & Casas, 2013).

Una métrica debe cumplir con ciertas características:

Características matemáticas deseables.

- Cuando una métrica refleja una característica que aumenta cuando se presentan características positivas o que disminuye al encontrar características indeseables, el valor de la métrica debe aumentar o disminuir en el mismo sentido.
- Cada métrica debe validarse empíricamente en una amplia variedad de contextos antes de aplicarse en la toma de decisiones.

1.5 Nueva Métrica para la Usabilidad

El Esfuerzo de Usabilidad (EU) La idea de partida es bien simple: deseamos encontrar la manera de valorar (con un número comprendido entre un rango de valores como por ejemplo entre 0 y 10) el grado de su usabilidad de un sistema interactivo cualquiera.

No obstante factores como la subjetividad de la propia usabilidad o de los usuarios y/o evaluadores de cada sistema, la dificultad de cuantificar numéricamente cuál es su usabilidad o relativizar dicho valor entre unos límites recondujeron el enfoque de la idea inicial para intentar valorar la dedicación o el esfuerzo realizado durante el desarrollo de una determinada aplicación en conseguir que una esta sea usable. Surge así el concepto del “Esfuerzo de Usabilidad”.

1.6 Modelo de Usabilidad

Diferentes estándares o modelos para cuantificar y evaluar la usabilidad se han propuesto en la

Interacción Humano-Computador y las comunidades de Ingeniería de Software (Enriquez & Casas, 2013) Aquí mencionamos alguno de los estándares y modelos más relevantes:

Tabla 1: Modelos para cuantificar y evaluar la usabilidad

Modelo o Estándar	Definición	Con respecto a las métricas	Ventajas
ISO 9241-11 (ISO 9241-11, 1998)	Explica los beneficios de medir usabilidad en términos de rendimiento y satisfacción del usuario	Estos son medidos por el grado en que los objetivos previstos son alcanzados, los recursos que se han invertido para conseguir esos objetivos, y el grado en que el usuario encuentra aceptable el uso del producto	Ofrece una guía sobre cómo describir el contexto de uso del producto (hardware, software o servicios) y las medidas de usabilidad relevantes de una manera explícita
QUIM (Seffah, Kececi, & Donyaee, 2001)	Es un modelo consolidado para evaluar usabilidad. proporciona un marco de trabajo consistente y un repositorio de factores de usabilidad, criterios y métricas para educación y fines de investigación.	Describe una jerarquía en la que se descompone usabilidad en factores, éstos en criterios, y finalmente en métricas específicas	Detalla cómo establecer los requisitos de calidad, así como también identificar, implementar, analizar y validar los procesos y las métricas de calidad del producto
SANe (Macleod, 1994)	Es un modelo de análisis de la calidad de uso para dispositivos interactivos	Un total de 60 medidas diferentes se describen en este marco, de los cuales 24 se refieren a medidas de calidad	define las tareas del usuario, la dinámica del dispositivo y los procedimientos para la ejecución de tareas de usuario.
MUSiC (MacLeod, Bowden, Bevan, & Curson, 1997)	Este modelo se refiere específicamente a la definición de medidas de usabilidad del software	Medidas de rendimiento; efectividad en las tareas de los usuarios, eficiencia temporal y proporción del periodo productivo	

Elaborado por: Jefferson R, Denny N, 2017

1.7 Línea de tiempo en que se crearon estos modelos de usabilidad

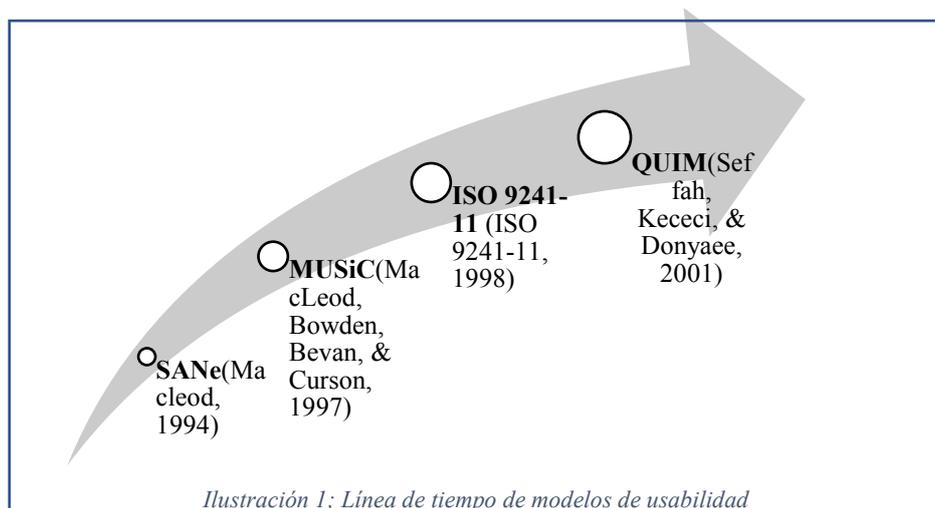


Ilustración 1; Línea de tiempo de modelos de usabilidad

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

1.8 Métodos de Evaluación de Usabilidad

La evaluación es la etapa más importante de la usabilidad, es el proceso centrado en el usuario donde se puede realizar varios métodos para la evaluación de la usabilidad, en la presente investigación se describirá los de mayor utilidad y aplicabilidad.

1.8.1 Método por Test

Es una prueba para determinar la usabilidad y la respuesta de los usuarios en un contexto determinado de la aplicación donde se prueba la conformidad de los usuarios con los principios de la usabilidad. Las principales etapas de este método son:

“Planificación: desarrollo del test y selección de los participantes

Test: prueba piloto, ajustes y test definitivo

Conclusión: análisis de los datos, elaboración del informe y recomendaciones”

(Rodríguez, Arevalo, & Secilla, 2007)

1.8.2 Método por Inspección

Los métodos de inspección de la usabilidad son aquellos realizados por expertos o personas con conocimiento en usabilidad y se enfocan en el recorrido y el análisis de los problemas del sitio web o aplicación móvil, este método es llevado a por un reducido grupo de evaluadores (Hassan, J., Fernandez, & Iazza, 2007).

Dentro de este método podemos encontrarnos con:

- Evaluación heurística
- Inspecciones formales
- Inspección de características
- Inspección de consistencias
- Inspección de estándares
- Paseo cognitivo
- Listas de comprobación

Entre los más utilizados tenemos a la evaluación heurística la cual nos servirá para nuestra investigación.

1.9 Definición de Heurísticas

Etimológicamente la palabra heurística procede de la palabra griega “eurisken” que procede de “eureka”, que significa encontrar o hallar. Según la real academia de la lengua la define como:

“Técnica de indagación y del descubrimiento.

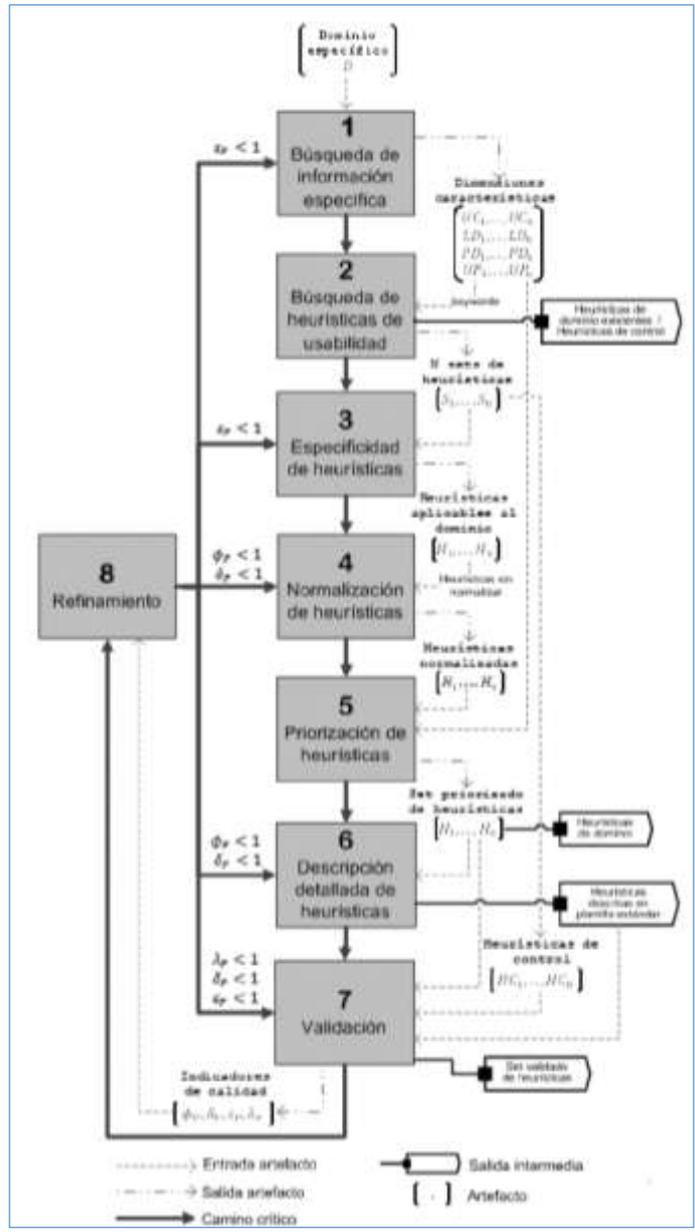
Búsqueda o investigación de documentos o fuentes históricas.

En algunas ciencias, manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos, como por tanteo, reglas empíricas, entre otros.” (Real Academia de la Lengua, 2017)

Entonces las heurísticas tratan de aplicar normas a la interacción entre el hombre y la maquina reduciendo así la brecha entre el usuario y el sistema, se habla de heurísticas basadas en reglas realizadas por expertos que pueden ser utilizadas como guía por los diseñadores, las heurísticas más conocidas son las expuestas por los expertos en la materia como Schneiderman, Nielsen, Instone, Constantine, Mayhew, Norman y Tognazzini. (Ferreira & Sanz, 2009).

1.10 Prometheus

PROMETHEUS es un PROCESO METodológico para desarrollar HEurísticas de USabilidad. Esta metodología describe con precisión los pasos a seguir y los artefactos a construir durante el proceso de elaboración de nuevas heurísticas de dominio. Para ello, aplicaron un cuestionario a los investigadores que desarrollaron heurísticas utilizando R3C, en los dominios de grid computing, televisión interactiva, mundos virtuales, y dispositivos touchscreen. En la parte cuantitativa, los resultados agregados fueron poco concluyentes pues se evaluó la facilidad de uso como “neutral”. Sin embargo, se observaron dificultades específicas en la etapa explicativa, experimental y de refinamiento. Lo anterior fue confirmado en los comentarios de los encuestados, que indican falta de claridad en estas etapas, y especialmente en la de refinamiento (Jimenez, Allende Cid, & Figueroa, 2017). De tal necesidad nace esta metodología como un aporte para la creación de heurísticas más precisas y aplicable distintos tipos de software.



Gráfica 1: Etapas de la metodología PROMETHEUS
 Fuente: (Jiménez et al., 2017)

La Gráfica 1 ilustra las 8 etapas de PROMETHEUS para desarrollar heurísticas de dominio.

Tabla 2: Descripción de la metodología PROMETHEUS

Descripción de la metodología PROMETHEUS		
1	Búsqueda sistemática	El proceso parte con la elección de un dominio para el cual se desea desarrollar el conjunto de heurísticas de usabilidad específicas. Las etapas 1 a 5 consisten en un proceso sistemático de búsqueda, codificación de especificidad, y priorización de uno o más conjuntos de heurísticas existentes, en base a las dimensiones características del dominio, utilizando una plantilla estándar.

2	Definición de heurísticas de dominio	Al finalizar la etapa 5 el investigador tendrá un conjunto de heurísticas aplicables al dominio, donde no debieran existir problemas de duplicación o de solapamiento. En esta etapa donde el investigador puede crear nuevas heurísticas en base a los datos existentes. Luego, la etapa 6 consiste en describir las heurísticas utilizando una plantilla estándar. El objetivo de la descripción detallada es facilitar la tarea de los evaluadores que realizarán la validación experimental. El resultado de la etapa 5 y/o 6 son las nuevas heurísticas de dominio.
3	Validación experimental	A continuación, la etapa 7 consiste en validar experimentalmente las heurísticas de dominio. Esta evaluación debe considerar las heurísticas de dominio, y un conjunto de heurísticas de control, que por defecto pueden ser las 10 heurísticas de Nielsen, para así generar los indicadores que se detallan a continuación. Sería ideal además contar con varios grupos de evaluadores para cada conjunto de heurísticas, para minimizar las diferencias entre los grupos. Los evaluadores que usen las heurísticas de control deben asignar a cada problema encontrado un puntaje de especificidad respecto al dominio. Este puntaje usa la misma escala utilizada por el investigador en la etapa 3.
4	Refinamiento	Tal como se muestra en la Figura 2, la etapa de refinamiento toma en consideración los indicadores de calidad de las heurísticas, para proponer posibles refinamientos a las heurísticas de dominio. Tales refinamientos involucran volver a trabajar en alguna etapa específica de PROMETHEUS, y luego continuar con el camino crítico según sea necesario. La necesidad de refinamiento nace, al menos, de los siguientes escenarios problemáticos, o cualquier combinación de los mismos.

Fuente:(Jiménez et al., 2017)

1.11 Usabilidad de Aplicaciones de Realidad Virtual

1.11.1 Realidad Virtual

John Vince es uno de los pioneros en esta materia y conceptualiza a la realidad virtual como:

"Los sistemas de 'realidad virtual' crean un 'ciberespacio' en el que es posible interactuar con cualquier objeto y persona a nivel virtual. En estos mundos extraños, las leyes convencionales del espacio y el tiempo no necesariamente se cumplen –cualquier cosa puede ser simulada, mientras sea programable." (Vince, 1995)

Al conocer el concepto de usabilidad que es la facilidad de los usuarios en manejar un sistema y ahora llevándolo a la par de la realidad virtual sería el grado de satisfacción o confort que una persona experimenta al momento de utilizar el sistema virtual

2.9.2 Heurísticas de Realidad Virtual

Según Jen Hennings, nos habla sobre algunas heurísticas realizadas para la “UX” Experiencia de Usuario en la realidad virtual que fue tomada de los principios de diseño de interacción de Bruce Tognazzini, los cuales son:

- Estética
- Autonomía
- Consistencia
- Descubrimiento
- Eficiencia del usuario
- Ley de fit
- Learnability
- Metáforas de uso
- Legibilidad

Las personas especializadas en UX deberán tener una extensa variedad de áreas como en teatro industria medio ambiente para poder replicar las heurísticas que se van a ocupar en cada escenario de realidad virtual (Hennings, 2016)

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Tipos De Estudio

En el presente proyecto de investigación se utilizarán métodos teóricos y empíricos.

Los Métodos Teóricos se describen a continuación:

2.1.1. Método Histórico-Lógico: Permite conocer los antecedentes históricos de la evaluación de la usabilidad de las aplicaciones de Realidad Virtual.

2.1.2. Método Inductivo-Deductivo: Al realizar el estudio de los diferentes conjuntos de heurísticas de usabilidad y determinar los más apropiados para ser aplicados en la evaluación de aplicaciones de realidad virtual.

2.1.3. Método de Análisis-Síntesis: Para realizar juicios críticos sobre el análisis de los datos adquiridos durante la recopilación de información, se establece el marco de referencia sobre la evaluación de la usabilidad y la técnica de evaluación heurística.

2.1.4. Método Hipotético-Deductivo: Este método está presente en toda la investigación, ya que desde el inicio del estudio de la situación problemática se planteó la hipótesis de trabajo. Los Métodos Empíricos que sirven para recoger información, como la encuesta, la entrevista, análisis de documentos; elementos que van a permitir corroborar los resultados de la propuesta para su validación.

2.1.5. La Investigación Bibliográfica: Este método es necesario porque se necesita conocer el estado del arte en el desarrollo de la disciplina de usabilidad, sus características y métodos de evaluación; así como también nos permitirá conocer los conceptos y características fundamentales de las aplicaciones de Realidad Virtual, permitiéndonos de esta manera concretar el primer objetivo específico del proyecto.

2.2. fase del desarrollo del software

2.2.1. Desarrollo ágil

El modelo ágil incremental de gestión de proyectos tiene como fin un crecimiento progresivo de la funcionalidad. Esto quiere decir que el producto va evolucionando con cada una entrega previstas hasta que llegue a ser amoldada a lo requerido por el cliente o destinatario. Se establece entregas parciales mediante un calendario de plazos. En cada una de ellas, el prototipo debe mostrar una evolución con respecto a la entrega anterior; nunca puede ser igual.

2.2.2. Fase de análisis de metodología de PROMETHEUS

Dentro de las etapas del trabajo de titulación se contempla el uso de métodos cuantitativos al aplicar la metodología PROMETHEUS que involucra el cálculo de índices de aplicabilidad de las heurísticas al campo de las aplicaciones de Realidad Virtual.

2.2.3. Fase de Prototipado

Se ejecutará un proyecto de tipo aplicativo porque luego de analizar toda la información recogida a través de la investigación bibliográfica, se necesita pasar a la práctica y desarrollar el un prototipo para medir la usabilidad de aplicaciones de Realidad Virtual a través del método de evaluación heurística.

En la etapa de formalización de las heurísticas de usabilidad para aplicaciones de realidad virtual se utilizará el método descriptivo a través de patrones de usabilidad

En la etapa de validación del prototipo se utilizarán los métodos más comunes de evaluación de usabilidad. El método de inspección “Evaluación heurística” y el método de test con usuarios

2.3. Research Methodology

2.3.1. Fase 1 características de la búsqueda

Área: Modelos de aplicaciones de realidad virtual, heurísticas de usabilidad, metodología PROMETHEUS

Propósito de la búsqueda: caracterizar las heurísticas existentes para las diferentes aplicaciones y por medio de una metodología crear heurísticas apropiadas para aplicaciones de realidad virtual.

2.3.2. Fase 2 método de búsqueda

Tabla 3: Método research

CRITERIO	DETALLE
Fuentes de información	Journal con factor de impacto, PhD thesis, banco de revistas science direct, ieee, elsevier, springer
Motores de búsqueda	Google scholar, IEEE
Criterios de búsqueda	“heuristics usability of virtual reality”, “usability of interfaces in the virtual reality”, “Procedural Methodology For Developing Heuristics Of Usability”.

Criterios de selección	Publicados a partir del 2010 Incluya heurísticas, usabilidad, seguir autores con propuestas similares, documentos donde se trate la aplicación de heurísticas de usabilidad en interfaces nuevas y su relación con la realidad virtual.
Criterios de exclusión	que no tenga validación teórica ni practica

Elaborado por: Jefferson R, Demmys N, 2017

2.4 Análisis estadístico

2.4.1 Estadística Descriptiva o Análisis Exploratorio

La estadística descriptiva ayudara a comprender la estructura de los datos obtenidos, de manera que se puede detectar tanto un patrón de comportamiento general como comportamientos específicos. Los modos de presentar y evaluar las características principales de los resultados de la metodología PROMETHEUS através de este método estadístico ayudaran a concluir la factibilidad de las heurísticas resultantes de este trabajo. Los mismos que se utilizara para comprobar la hipótesis.

El objetivo de realizar gráficos es poder mostrar los datos como un todo e identificar sus características sobresalientes.

2.5. Operacionalización De Variables

Tabla 4 Operacionalización de variables

HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
El desarrollo de heurísticas de	<p>VARIABLES INDEPENDIENTES</p> <p>Heurísticas de Usabilidad obtenidas a través de PROMETHEUS</p>	<p>- Numero de Heurísticas de control</p> <p>- Numero de Heurísticas de dominio</p>

<p>usabilidad para aplicaciones de realidad virtual a utilizando la metodología PROMETHEUS permitirá mejorar el desempeño en las evaluaciones heurísticas de usabilidad para este tipo de aplicaciones.</p>	<p style="text-align: center;">VARIABLES DEPENDIENTES.</p> <p>Desempeño de la evaluación Heurística</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Etapas de la Metodología - Cantidad de Problemas específicos - Cantidad de Problemas generales - Taza de especificidad - Taza de problemas únicos - Taza de severidad
---	--	--

Elaborado por: Jefferson R, Demys N, 2017

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Aplicación de la metodología PROMETHEUS

Etapa 1: Búsqueda de información específica

Los valores de especificidad siguen una escala de Likert estándar de 4 niveles, donde 0 es Nada específico y 4 es Absolutamente específico. Los puntajes de especificidad se consumen en la etapa 5 (Sección A-E) para el cálculo del índice de especificidad final.

Dominio: Aplicaciones de Realidad Virtual

En el anexo 1 especificamos las características del dominio que nos pide la metodología que son el contexto de uso, los dispositivos lógicos de interacción, los dispositivos físicos de interacción y los perfiles de usuario.

Esto con la finalidad de tener un punto de inicio al buscar las diferentes heurísticas de usabilidad ya creadas para este dominio y las diferentes características ya mencionadas.

Etapas 2: Búsqueda de heurísticas de usabilidad

Por medio de la búsqueda de heurísticas para el tipo de dominio especificado en la etapa 1 encontramos 4 autores que nos ayudaran con sus contribuciones a procesar sus heurísticas por medio de la metodología. Los autores tienen heurísticas dedicadas para aplicaciones móviles, aplicaciones de mundos virtuales y aplicaciones generales. Todos estas heurísticas las encontramos en el anexo 2

Etapas 3: Especificidad de heurísticas

En esta etapa le damos un rango de especificidad tal cual encontramos en el anexo 3 y vemos que a cada heurística encontrada ya que al valorarla podemos qué tan relevante son estas heurísticas para el tipo de dominio (RV) que estamos utilizando.

Etapas 4: Normalización de heurísticas

En la etapa de normalización realizamos el filtro de las heurísticas repetidas o que no tiene ningún tipo de relevancia con respecto al dominio. El resultado de esta etapa lo encontramos en el anexo 4

Etapas 5: Priorización de heurísticas

Esta etapa busca sintetizar la aplicabilidad de las heurísticas normalizadas tomando en cuenta la especificidad de cada una de las heurísticas con respecto a los contextos de uso, además de sus indicadores iniciales de especificidad y así tener un listado rankeable de heurísticas aplicables al dominio, los resultados de esta etapa los podemos encontrar en el anexo 5.

Etapas 6: Descripción de las heurísticas

Hemos omitido esta etapa ya que la metodología lo permite. Pues el objetivo de esta etapa es dar una descripción de las heurísticas resultantes de la etapa 5, pero nosotros hemos considerado continuar con sus nombres y definiciones dados por los autores originales.

Etapas 7 y 8: Validación y Refinamiento

Se evaluó un prototipo realizado en la herramienta UNITY con el SDK de Google CARD BOARD. El mismo que realiza un recorrido virtual por aulas con diferentes de una universidad con sus distintas facultades.

Esta evaluación se realizó con personas capacitadas en el área de usabilidad. Por lo cual los resultados obtenidos tienen altos niveles de aceptación. En la evaluación se dividió los dos grupos de evaluadores para evaluar una misma aplicación, pero con dos grupos de heurísticas las mismas que son denominadas de control y las resultantes de la metodología PROMETHEUS.

En la tabla 13 se presentan los resultados de la evaluación del prototipo usando las heurísticas de control (Nielsen). En la Tabla 14 en cambio se presentan los resultados usando las heurísticas desarrolladas a través de PROMETHEUS.

Con los resultados obtenidos se procedió al cálculo de los indicadores de calidad de las heurísticas desarrolladas:

Tasa de Problemas comunes (PU)	2.333
Tasa de dispersión	1.492
Tasa de Severidad	1.144
La tasa de especificidad	1.269

Tabla 5: Problemas evaluados con Heurísticas de Nielsen

Id	Problema	Heur.	Imagen	Evaluador 1			Evaluador 2			Evaluador 3			Promedio			Estr.
				S	F	C	S	F	C	S	F	C	S	F	C	
P1	Textos distorsionados en algunas áreas.	N4	Imagen 1	3	4	7	4	3	7	2	3	5	3.00	3.33	6.33	3
P2	Falta de libertad de navegación	N3	Imagen 2	2	3	5	1	3	4	2	3	5	1.67	3.00	4.67	4
P3	Imágenes panorámicas distorsionadas en los pisos.	N4	Imagen 3	2	2	4	2	1	3	2	1	3	2.00	1.33	3.33	4
P4	Idioma no se puede cambiar	N7	Imagen 4	1	4	5	2	3	5	1	3	4	1.33	3.33	4.67	2
P5	No existe la forma de regresar al principio.	N3	Imagen 5	3	3	6	3	1	4	2	3	5	2.67	2.33	5.00	2
P6	Camuflaje de visual por colores muy fuertes	N4	Imagen 6	4	2	6	3	3	6	3	4	7	3.33	3.00	6.33	3
P7	Dificultad de utilización del puntero	N3	Imagen 7	1	3	4	2	3	5	2	3	5	2.33	3.00	5.33	2
P8	Falta de identificación de áreas	N1	Imagen 8	2	2	4	3	1	4	2	3	5	2.33	2.00	4.33	2
P9	No existen ayudas en diversos puntos.	N10	Imagen 9	2	3	5	2	2	4	2	3	5	2.00	2.67	4.67	2
P10	Faltan menús de configuración de parámetros como audio.	N3	Imagen 10	3	3	6	2	3	5	3	4	7	2.67	3.33	6.00	3
P11	No funciona salir de sistema en la esquina superior y configuración.	N4	Imagen 11	2	1	3	4	2	6	2	1	3	2.67	1.33	4.00	2

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Heurísticas resultantes basados en Nielsen

Tabla 6: Problemas resultantes de la evaluación de H. RV

Id	Problema	Icon	Evaluador 1 MARY			Evaluador 2 NLEJO			Evaluador 3 PAUL			Promedios			Nivel	
			S	F	C	S	F	C	S	F	C	S	F	C		
P1	Deberían haber flechas para tener una referencia de navegación	N2	Imagen 1	1	4	5	2	4	6	2	3	5	1.67	3.67	5.33	4
P2	Exceso de distorsión en los textos	N3	Imagen 2	1	2	3	2	3	5	3	3	6	2.00	2.67	4.67	3
P3	Falta de precisión al momento de moverse	N11	Imagen 3	3	3	6	4	4	8	3	3	6	3.33	3.33	6.67	3
P4	Implementación de audio contextualizado	N13	Imagen 4	4	4	8	2	4	6	3	2	5	3.00	3.33	6.33	4
P5	un botón o una dirección para regresar no existe	N3	Imagen 5	2	4	6	2	3	5	1	2	3	1.67	3.00	4.67	3
P6	Carencia de menús	N3	Imagen 6	3	4	7	3	4	7	3	2	5	3.00	3.33	6.33	2
P7	El idioma no está adaptable	N3	Imagen 7	4	4	8	4	4	8	4	3	7	4.00	3.67	7.67	2
P8	Información del usuario	N1	Imagen 8	2	3	5	3	3	6	3	2	5	2.67	2.67	5.33	3
P9	Información adecuada	N10	Imagen 9	3	3	6	2	2	4	2	2	4	2.33	2.33	4.67	2
P10	Imágenes muy grandes	N12	Imagen 10	2	3	5	3	4	7	3	3	6	2.67	3.33	6.00	4
P11	Textos muy pequeños y borrosos	N8	Imagen 11	3	3	6	4	4	8	3	2	5	3.33	3.00	6.33	3
P12	eficiencia en el recorrido	N7	Imagen 12	2	3	5	1	3	4	2	2	4	1.67	2.67	4.33	4
P13	Textos de guía para realizar acciones	N10	Imagen 13	3	3	6	2	2	4	2	2	4	2.33	2.33	4.67	3
P14	mas textos de información en los cuadros	N1	Imagen 14	2	2	4	1	1	2	1	3	4	1.33	2.00	3.33	3
P15	Contrar textos	N12	Imagen 15	2	2	4	2	2	4	3	2	5	2.33	2.00	4.33	3
P16	Falta de Audios de prevención de Errores	N13	Imagen 16	4	3	7	3	3	6	3	2	5	3.33	3.67	6.00	3
P17	habilitaciones demarcados grandes que no simula la vida real	N12	Imagen 17	4	4	8	4	4	8	4	3	7	4.00	3.67	7.67	4
P18	No hay como volver o bloquear el sonido dentro de la aplicación	N14	Imagen 18	4	4	8	4	4	8	4	3	7	4.00	3.67	7.67	3

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

3.2. RESULTADOS

Para comprobar la factibilidad de utilizar PROMETHEUS en la creación de heurísticas de usabilidad específicas para aplicaciones de realidad virtual, se realiza un análisis estadístico descriptivo. Del cual analizamos los siguientes cuadros.

3.2.1 Análisis según Cantidad de problemas

Tabla 7: Cantidad de Problemas

Problemas Comunes	Problemas de Dominio	Problemas de Control
4	14	6

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Los datos del cuadro nos muestran básicamente los problemas comunes entre los problemas de dominio es de decir lo evaluados con las heurísticas de Nielsen y las heurísticas de Realidad virtual. Obteniendo una clara diferencia entre estos dos grupos de heurísticas al encontrar el número de problemas.

3.2.2. Análisis según Severidad

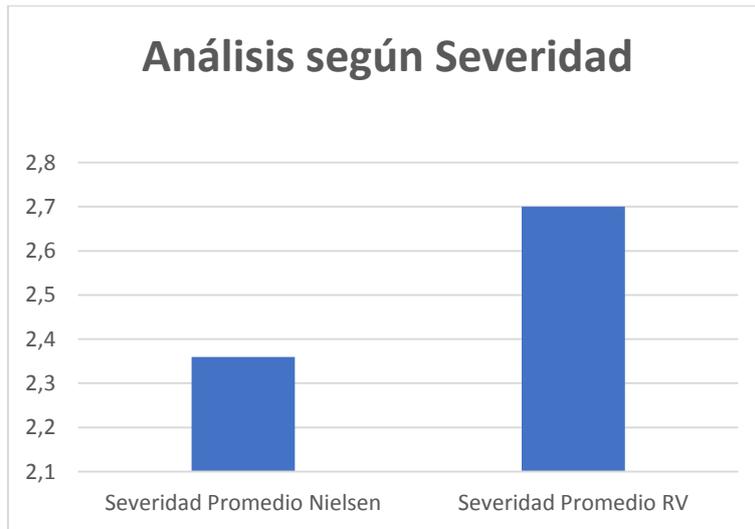


Ilustración 2 Análisis de severidad
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

El cuadro del análisis de severidad da un promedio de la severidad de todos los problemas encontrados por los dos grupos de heurísticas. Calculando así que el nivel de severidad que se identifica para las heurísticas de RV son más altos. Los usuarios al poder definir mejor sus problemas le pudieron dar un rango de severidad a cada problema preciso. El cual considerablemente hace que una evaluación heurística de este tipo de aplicaciones con de RV sea más efectiva.

3.2.3. Análisis según Criticidad

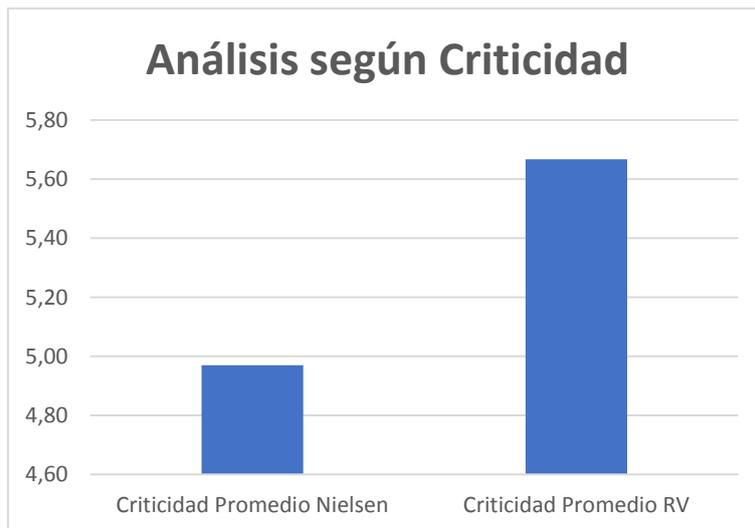


Ilustración 3: Análisis de severidad
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

En el siguiente cuadro analizamos el estado Crítico que podemos llegar a obtener de la misma aplicación al medir con los dos modelos de heurísticas de usabilidad. Lo cual nos muestra un nivel mayor nivel de criticidad para aquellas que son específicas para este tipo de aplicación.

3.2.4. Análisis según Frecuencia de ocurrencia

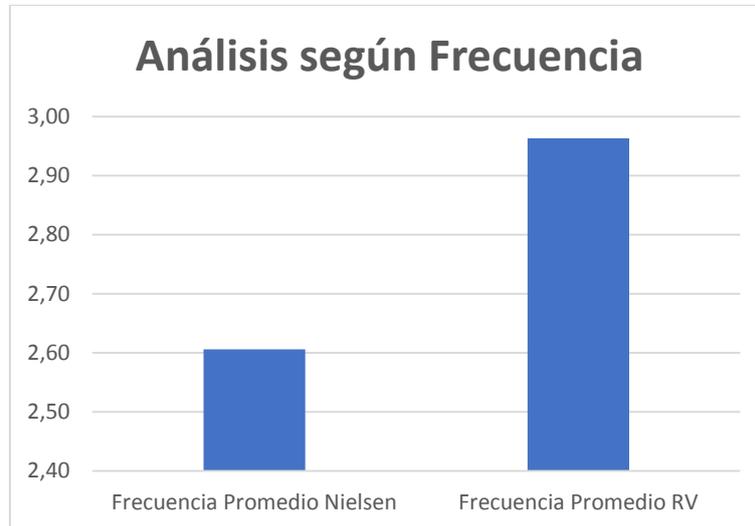


Ilustración 4: Análisis de frecuencia de ocurrencia

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Se evidencia que al tener heurísticas más específicas el nivel de frecuencia para hallar problemas es mayor ya que podemos evidenciarlo con más claridad cuando tenemos un problema y atribuirla a una heurística que la describa completamente.

3.2.5. Análisis según especificidad

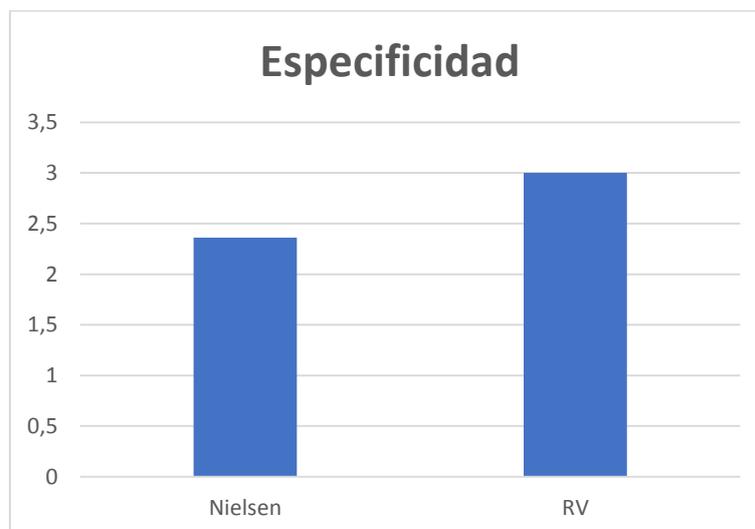


Ilustración 5: Análisis según especificad

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Encontramos muchos problemas comunes entre aplicaciones de mundos virtuales y aplicaciones como transaccionales, de escritorio o móvil pero también encontramos problemas específicos de aplicaciones de Realidad Virtual por ejemplo al querer medir las imágenes panorámicas o la ley de fitt al mover la cabeza son funciones que solo se lo podrá hacer en este tipo de aplicaciones o sus derivados por lo siguiente el cuadro nos muestra justamente aquello.

3.2.6. Análisis según especificidad/severidad

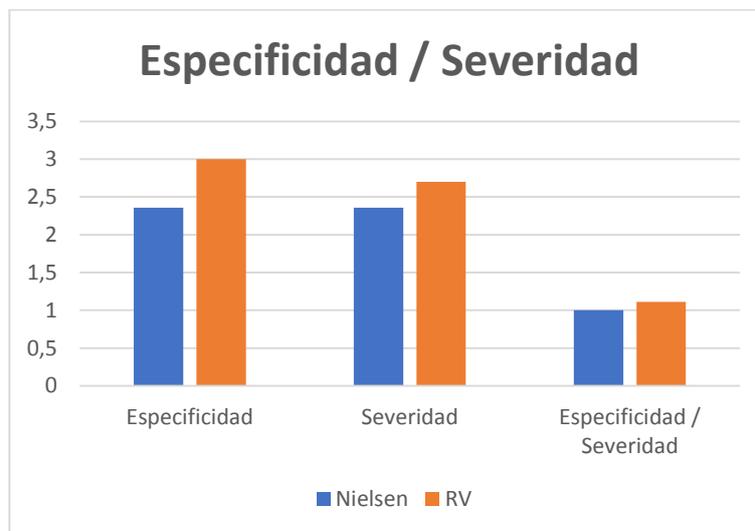


Ilustración 6: Análisis según especificidad/severidad

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Observamos en el cuadro siguiente la severidad que tiene aquellos problemas que son específicos de la Realidad Virtual y podemos observar que tiene relevancia con respecto al medir con heurísticas estándar no específicos para este tipo de aplicaciones.

Al terminar la metodología y la obtención de los resultados podemos aprobar la metodología al tener una tasa de dispersión mayor o igual que uno.

3.3. Comprobación de la Hipótesis

Tabla 8: Comprobación de la Hipótesis

	INDEPENDIENTES	DEPENDIENTES
VARIABLES	Heurísticas de Usabilidad obtenidas a través de PROMETHEUS	Desempeño de la evaluación Heurística

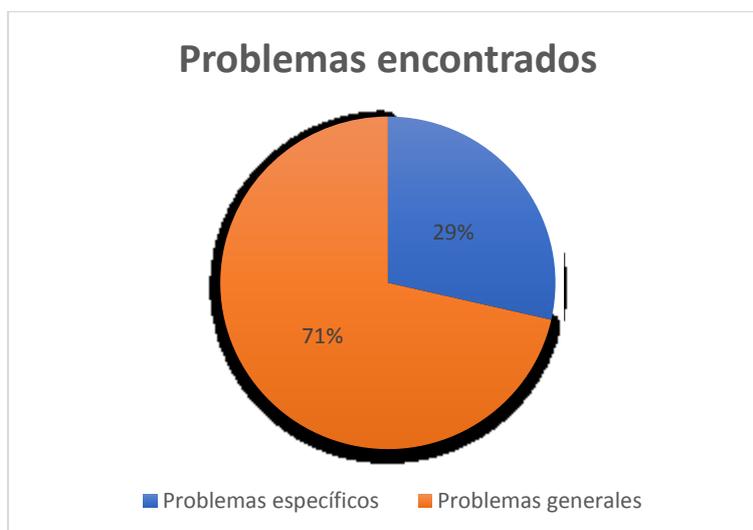
INDICADORES	Numero de Heurísticas de control: 10	Cantidad de Problemas específicos: 4
	Numero de Heurísticas de dominio: 14	
	Etapas de la Metodología: 8	Cantidad de Problemas generales: 10
		Taza de especificidad: 1.26
		Taza de problemas únicos: 1,11
		Taza de severidad: 1,14

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Los resultados obtenidos muestran la comprobación de la hipótesis al obtener los resultados que podemos observar en la tabla 8.

y los describimos de la siguiente manera:

VARIABLE DEPENDIENTE



- La cantidad de problemas específicos es igual a cuatro esto quiere decir que hay un sector de heurísticas de usabilidad esenciales de la realidad virtual que no se podían haberse hallado sino por la aplicación la metodología PROMEHEUS.
- La cantidad de problemas comunes es igual a diez, esto nos indica que existe un fundamento en los estándares ya creados. Esto le da a este grupo de heurísticas un alto grado de veracidad.
- El valor de la tasa de especificidad que muestra la tabla 8 da como resultados de la aplicación de la metodología el cual al comparar con las heurísticas de dominio en su

promedio es mayor que uno, indicando que se hallaron problemas específicos de la realidad virtual que pudieron ser medidos solo por las heurísticas de usabilidad para este tipo de aplicaciones. Lo cual aporta a la aceptación de la metodología, como una herramienta para realizar heurísticas para este tipo de aplicaciones.

- La tasa de problemas únicos vemos en la tabla 8 tiene relevancia ya que no se encontró otro modelo de evaluación estándar que tome en cuenta estos errores. Esto quiere decir que la metodología PROMETHEUS ayuda en la obtención de heurísticas que suplen estos errores.
- La tasa de severidad es nuestro último parámetro que confirma la hipótesis al mostrar que hay una gran significancia de criticidad de los problemas encontrados, esto se debe al que especificidad encontrada.

CAPÍTULO IV

2 Conclusiones y Recomendaciones

2.3 Conclusiones

Los conceptos de usabilidad muestran la necesidad de realizar una evaluación heurística a la mayoría de aplicaciones desarrolladas puesto que los beneficiarios son los usuarios finales, pues ellos podrán tener un mayor nivel de satisfacción al usar aplicaciones con alto grado de usabilidad, a su vez el no realizar este tipo de evaluaciones y correcciones el usuario final simplemente no será atraído por el producto final desarrollado y las abandonará pronto. Por consiguiente, para la realidad virtual un mundo de aplicaciones que está llegando aun a los pequeños hogares ya sea por medio de entretenimiento o aprendizaje. Se nos presenta necesario entender bien los conceptos de usabilidad e incluirlos en las aplicaciones que se realizan, para que los mismos puedan satisfacer a los usuarios finales.

Las características de las aplicaciones de Realidad Virtual son diferentes a los de una aplicación tradicional, puesto que en una aplicación tradicional para poder ejecutar la mayoría de sus comandos utilizamos nuestras manos como medio de interacción, por el contrario, en la realidad virtual se utiliza la mayoría de extremidades. Esto hace que al momento de medir el nivel de usabilidad de este tipo de aplicaciones con heurísticas tradicionales los resultados carezcan de veracidad. Debido a que las heurísticas tradicionales no pueden medir todas las características de la realidad virtual efectivamente.

Al aplicar la metodología de PROMETHEUS podemos concluir diciendo que es una herramienta indispensable para tipos de aplicaciones con especificaciones únicas como es el caso de la realidad virtual, además, las heurísticas resultantes de esta metodología tienen un mayor grado de efectividad al momento de evaluar. Estas heurísticas resultantes pueden ser utilizadas de ahora en adelante no solo para evaluar sino también para el proceso de desarrollo de este tipo de aplicaciones en la etapa de pruebas, aportando con este trabajo al futuro desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual.

Las pruebas realizadas con el prototipo de aplicación dieron los resultados satisfactorios para comprobar la validez de la metodología propuesta en este estudio. Mostrando cada uno de los problemas en el prototipo con alto grado de claridad. Lo cual nos aporta a seguir impulsando este tipo de metodología para pruebas en las distintas aplicaciones que tiene características específicas y evaluar en los prototipos que generan los desarrolladores hoy en día.

2.4 Recomendaciones

- Estudiar los conceptos de usabilidad, principios características y métodos de evaluación. Obtener una gran variedad de artículos e investigaciones referentes a usabilidad para poder determinar los principios y características fundamentales para poder realizar una evaluación adecuada
- La realidad virtual potencialmente se volverá un entorno del día a día para lo cual entendemos que es necesario preparar las aplicaciones del mismo para que nuestro alrededor acepte las acepte y no lo rechace esto lo lograremos tomando en cuenta las características como lo hemos hecho en este estudio y resolviendo con medidas de usabilidad que la metodología de desarrollo de heurísticas nos ha ayudado.

- Se debería considerar la metodología prometheus para generar heurísticas de usabilidad para entornos virtuales
- Como trabajo futuro se debería utilizar las heurísticas desarrolladas en esta investigación para poder evaluar aplicaciones de realidad virtual
- Los resultados mostraron que es posible utilizar la metodología PROMETHEUS como una herramienta para tener heurísticas de una aplicación con características específicas y esta metodología lo sugerimos seguir aplicándose en varias de las neo-aplicaciones que hoy en día podemos encontrar en nuestro entorno.
- Es recomendable hacer las validaciones en la fase de prueba del prototipo ya que esto nos ayudara a corregir más proto los problemas de alta criticidad y severidad encontrados en la metodología.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Cabero, J., & Barroso, J. (15 de julio de 2015). Posibilidades Educativas de la Realidad Aumentada. 7. Obtenido de <https://naerjournal.ua.es/article/view/v5n1-7>
- Chipantiza, C., Lewis, V., & Olivo, M. (2015). LA USABILIDAD EN EL DESARROLLO DEL SOFTWARE. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6878>
- Enriquez, J. G., & Casas, S. I. (2013). USABILIDAD EN APLICACIONES MÓVILES. Obtenido de <https://doi.org/1852-4516>
- Fernandez, A., Insfran, E., & Abrahão, S. (Agosto de 2011). Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study. 789-817. doi:<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2011.02.007>
- Ferreira, A., & Sanz, C. (2009). Hacia un modelo de evaluación de entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje. *XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. Obtenido de

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22695/Documento_completo.pdf?sequence=1

- Hassan, Y., J., F., Fernandez, M., & Iazza, G. (2007). Diseño Web Centrado en el Usuario: Usabilidad y Arquitectura de la Información. Obtenido de http://eprints.rclis.org/8998/1/Dise%C3%B1o_Web_Centrado_en_el_Usuario_Usabilidad_y_Arquitectura_de_la_Informaci%C3%B3n.pdf
- Hennings, J. (28 de 04 de 2016). Diseñar para la realidad virtual: aplicar la heurística de usabilidad a la realidad virtual. *OMOBONO*. Obtenido de <https://omobono.com/insights/blog/designing-vr-applying-usability-heuristics-virtual-reality>
- ISO 9241-11. (1998). *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDT's)* (Vol. 11).
- ISO IEC 25010. (2011). *Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)-System and software quality models*. (Vol. 1).
- ISO IEC 25010. (2011). *Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)-System and software quality models*. (Vol. 1).
- Jimenez, C., Allende Cid, H., & Figueroa, I. (2017). *PROMETHEUS: Procedural Methodology For Developing Heuristics Of Usability*, 541 - 549. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7867606/>
- Jimenez, C., Lozada, P., & Rosas, P. (2016). *Usability heuristics: A systematic review*. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7750805/>
- L. Filigrana, A. F. (2016). L. Filigrana, A. F. Solano y C. A. Collazos. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 65.
- Macleod, M. (1994). Usability: Practical Methods for Testing. Obtenido de <http://www.nigelbevan.com/papers/mm-us94.pdf>
- Macleod, M., Bowden, R., & Bevan, N. (1998). *The MUSiC Performance Measurement Method*. Obtenido de <http://www.usabilitynet.org/papers/musppmm97.pdf>
- Moreno, J. C., Fernandez, J. P., & Marciszack, M. M. (2016). La usabilidad a través de modelos abstractos empleando desarrollo de software dirigido por modelos. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53062>

- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering* (Vol. 1). San Diego, CA 92101, United States: Academic Press.
- Olsina, L. L. (2001). *Specifying quality characteristics and attributes for websites*. In *Web Engineering*.
- Perurena, L., & Moráquez, M. (2013). Usabilidad de los sitios Web, los métodos y las técnicas para la evaluación. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2307-21132013000200007&script=sci_arttext&tlng=en
- Prates, R. O. (2000). *A case study for evaluating interface design through communicability*. In *Proceedings of the 3rd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*.
- Real Academia de la Lengua. (2017). Heurística. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=KHdGTfC>
- Rodríguez, T., Arevalo, A., & Secilla, V. (2007). Usabilidad de los catálogos de las bibliotecas universitarias: propuesta metodológica de evaluación. *ACIMED*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352007000800004
- Rodríguez, J. I., Yara, E., & Jaramillo, L. (2015). Model for measuring usability of survey mobile apps, by analysis of usability evaluation methods and attributes. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7170420/>
- Seffah, A., Kececi, N., & Donyaee, M. (2002). QUIM: a framework for quantifying usability metrics in software quality models. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/990036/>
- Vince, J. (1995). Investigador Jefe de Hughes Ltd., Profesor invitado de la University of Brighton, U.K. Consultor de investigación de Rediffusion Simulation Ltd. *Simulation Ltd.* Obtenido de http://cv.uoc.edu/annotation/8ebfc11d61d9fb2feed41b629265e634/463715/PID_00150738/modul_3.html#w26aac11b7b7b5

8. ANEXOS

ANEXO 1

Búsqueda de información específica

Tabla 9: Contexto de uso

Contexto de Uso	Especificidad
Dentro	4
Fuera	3
Ruidoso	4

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Tabla 10: Dispositivos lógicos de interacción

Dispositivos lógicos de interacción	Especificidad
Mapas interactivos	3
Apuntadores	4
Menús	1
Botones	1

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Tabla 11: Dispositivos físicos de iteración

Disp. físicos de interacción	Especificidad
Audífonos	4
Lentes VR	4
Giroscopio	4
Consolas	4
Joystick	2
Teclado	1
Móviles	4

Elaborado por: Jefferson R, Demmys N, 2017

Tabla 12: Perfiles de usuarios

Perfiles de usuario	Especificidad
Experto	4
Novato	4

Elaborado por: Jefferson R, Demmys N, 2017

ANEXO 2

Etapas 2: Búsqueda de heurísticas de usabilidad

Tabla 13: Heurísticas resultantes de la búsqueda

NUMERACIÓN	DESCRIPCIÓN
AUTOR: Jakob Nielsen	
H1	Visibilidad del estado del sistema
H2	Coincidencia entre el sistema y el mundo real
H3	Control y libertad del usuario
H4	Consistencia y estándares
H5	Prevención de errores
H6	Reconocimiento más que recordatorios
H7	Flexibilidad y eficacia de uso
H8	Diseño estético y minimalista
H9	Ayuda al usuario a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores
H10	Ayuda y documentación
AUTOR: JenHennings	
H11	Estética
H12	Autonomía
H13	Color
H14	Consistencia

H15	detectabilidad
H16	Eficiencia del usuario
H17	Ley de Fitt
H18	Facilidad de aprendizaje
H19	Uso de Metáforas
H20	Legibilidad
AUTOR: Yulianne Pérez Escalona	
H21	interacción o Funcionalidad
H22	Página de Inicio
H23	Sistema de Navegación
H24	Panorámicas
H25	Sonido
H26	Orientación y Ayuda
AUTOR: L. Filigrana, A. F. Solano y C. A. Collazos	
H27	Personalización
H28	Salto de contenido
H29	Controles
H30	Estado del juego
H31	Entrenamiento y ayuda
H32	Representación visual

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

ANEXO 3

Etapas 3: Especificidad de heurísticas

Tabla 14: Especificidad de heurísticas

AUTOR: JAKOB NIELSEN		
NUMERACIÓN	DESCRIPCIÓN	ISI (0-4)
H1	Visibilidad del estado del sistema	4
H2	Coincidencia entre el sistema y el mundo real	4
H3	Control y libertad del usuario	3
H4	Consistencia y estándares	3
H5	Prevención de errores	3
H6	Reconocimiento más que recordatorios	3
H7	Flexibilidad y eficacia de uso	4
H8	Diseño estético y minimalista	2
H9	Ayuda al usuario a reconocer, diagnosticar y	4

	recuperarse de errores	
H10	Ayuda y documentación	4
AUTOR: JENHENNINGS		
H11	Estética	4
H12	Autonomía	3
H13	Color	4
H14	Consistencia	3
H15	Detectabilidad	3
H16	Eficiencia del usuario	3
H17	Ley de Fitt	4
H18	Facilidad de aprendizaje	4
H19	Uso de Metáforas	4
H20	Legibilidad	3
AUTOR: YULIANNE PÉREZ ESCALONA		
H21	interacción o Funcionalidad	3
H22	Página de Inicio	3
H23	Sistema de Navegación	4
H24	Panorámicas	4
H25	Sonido	4
H26	Orientación y Ayuda	3
AUTOR: L. Filigrana, A. F. Solano y C. A. Collazos” (L. Filigrana, 2016)		
H27	Personalización	2
H28	Salto de contenido	2
H29	Controles	4
H30	Estado del juego	3
H31	Entrenamiento y ayuda	4
H32	Representación visual	3

Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

ANEXO 4

Etapas 4: Normalización de heurísticas

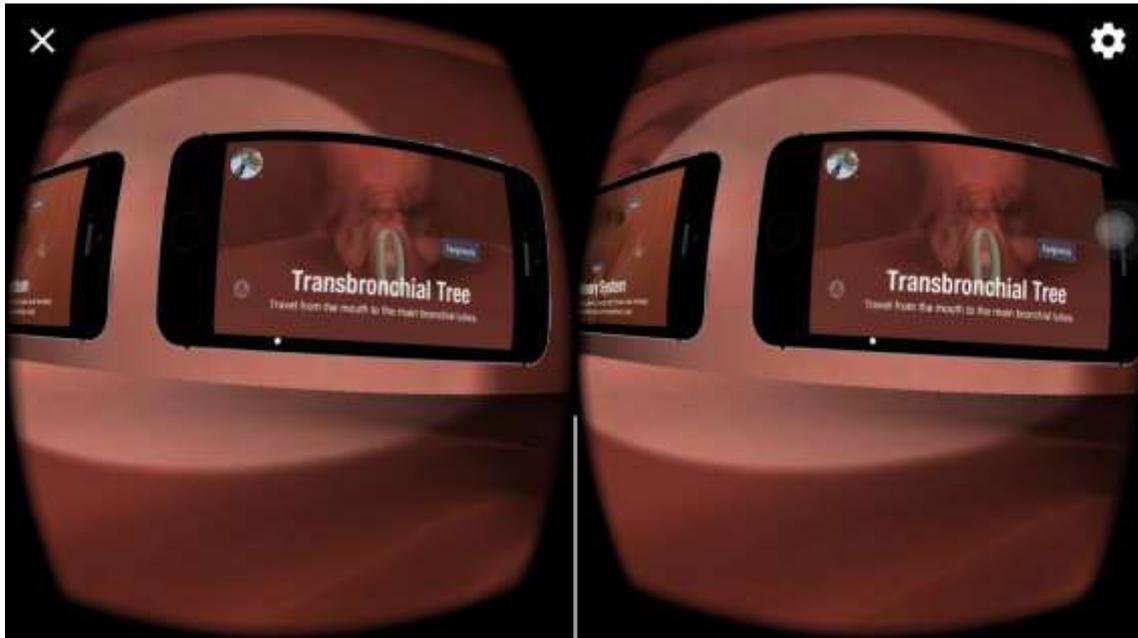
Tabla 15: Normalización de heurísticas

HEURÍSTICA	DESCRIPCIÓN	ISI
-------------------	--------------------	------------

H25	4	2	3	4	3	4	3	3	4	1	1	3	1	1	4	4	4	3,0	3,3	2,1	4,0	3,1
H27	2	4	4	4	2	3	2	2	2	3	1	4	2	2	4	4	2	4,0	2,3	2,6	3,0	1,5
H28	2	3	4	4	2	2	3	3	2	2	3	4	3	3	3	4	3	3,7	2,5	2,9	3,5	1,6
H29	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4,0	4,0	3,6	4,0	3,9
H32	3	4	4	4	4	3	4	4	0	4	3	3	2	2	3	4	4	4,0	3,8	2,4	4,0	2,7

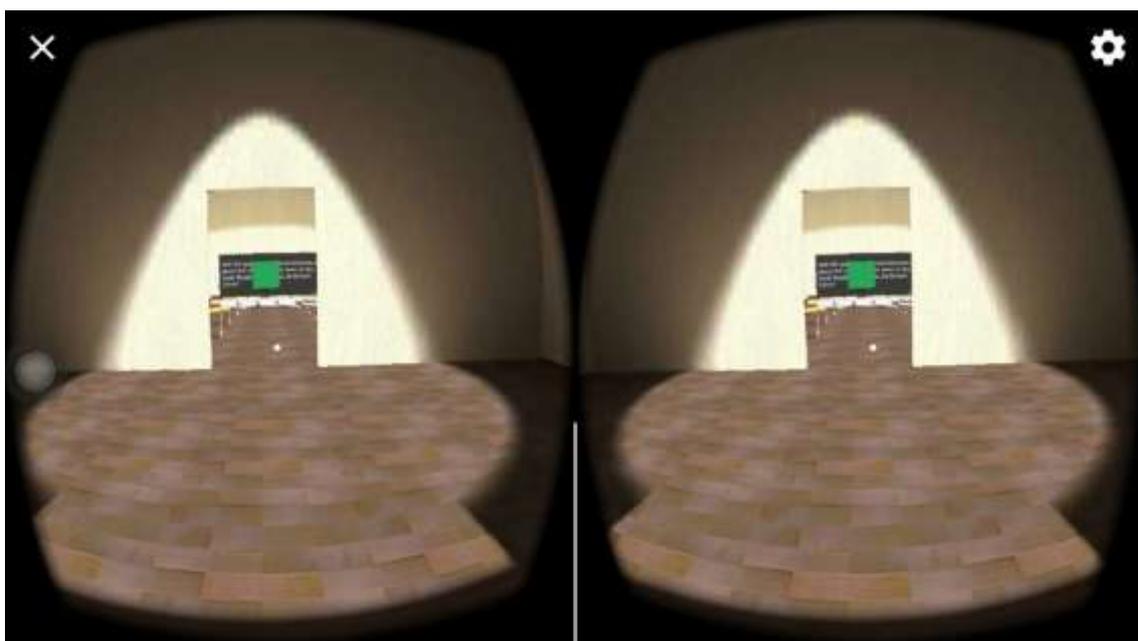
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 7: Prueba en VR 1



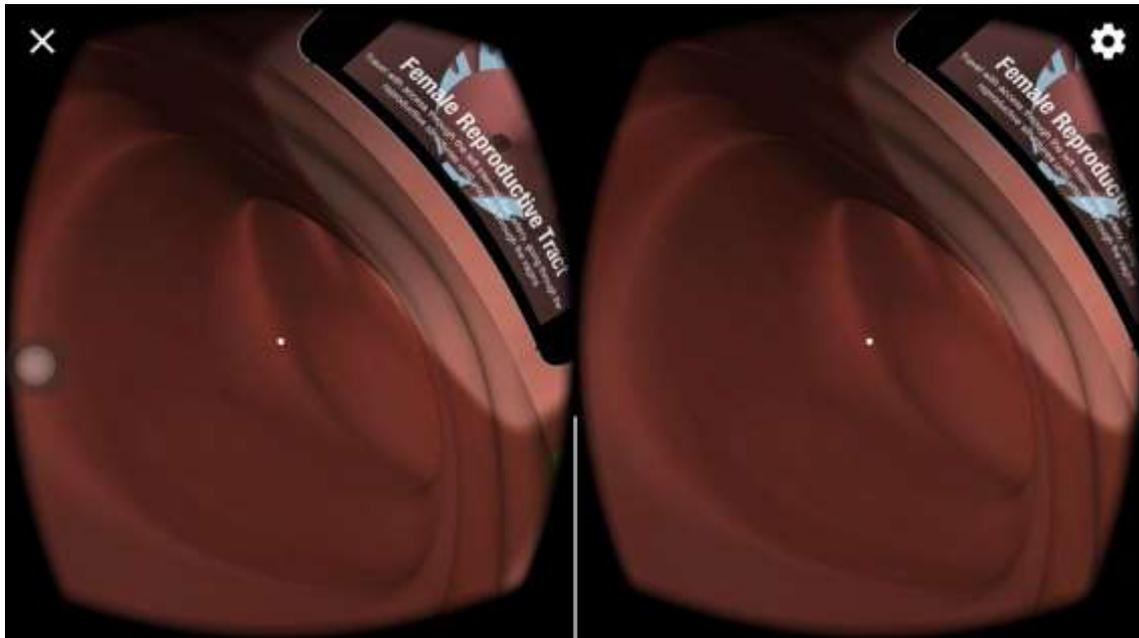
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 8: Prueba en VR 2



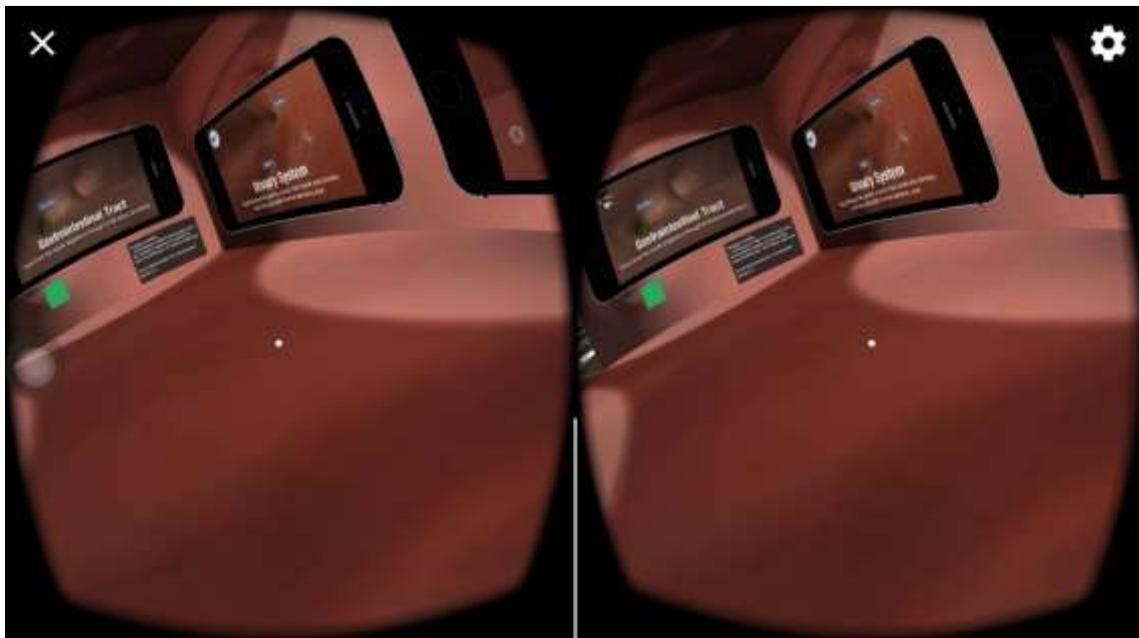
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 9: Prueba en VR 3



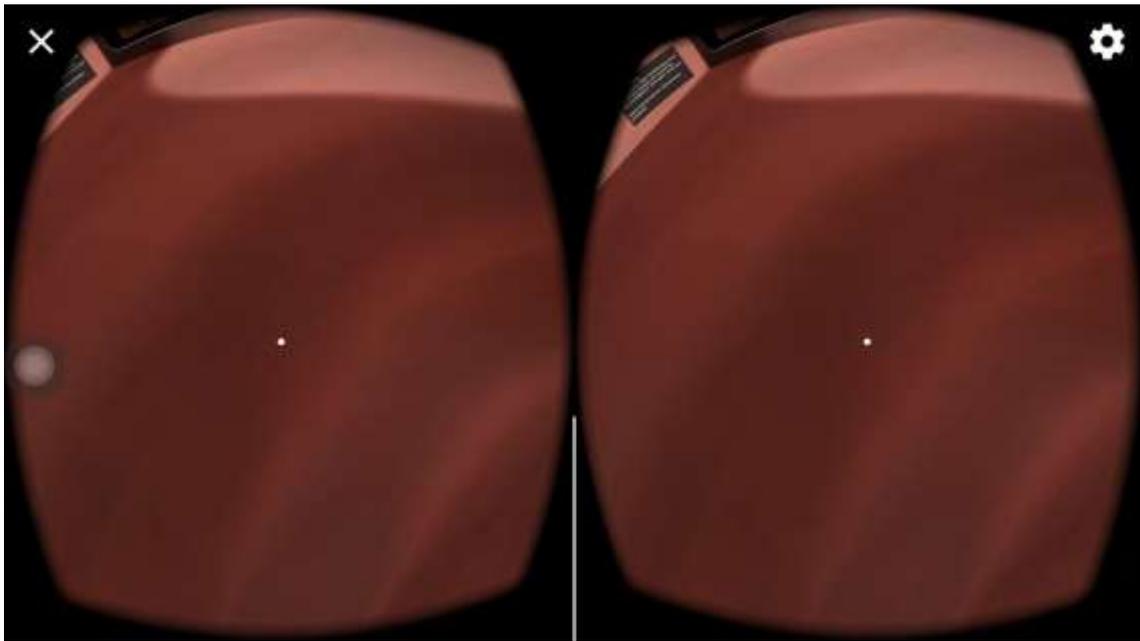
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 10: Prueba en VR 4



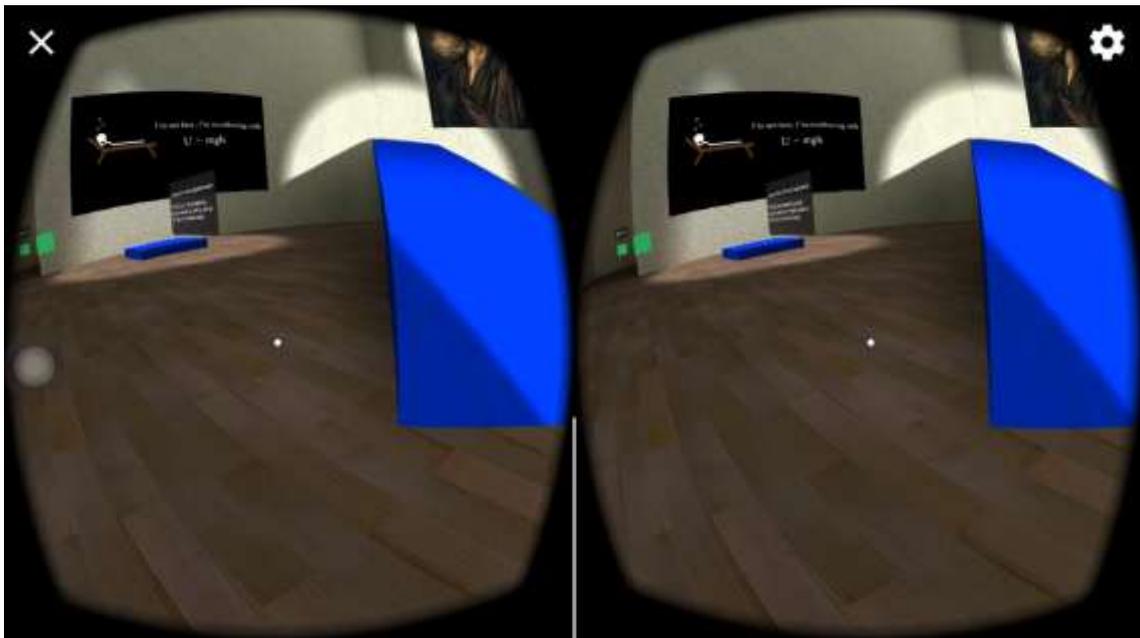
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 11: Prueba en VR 5



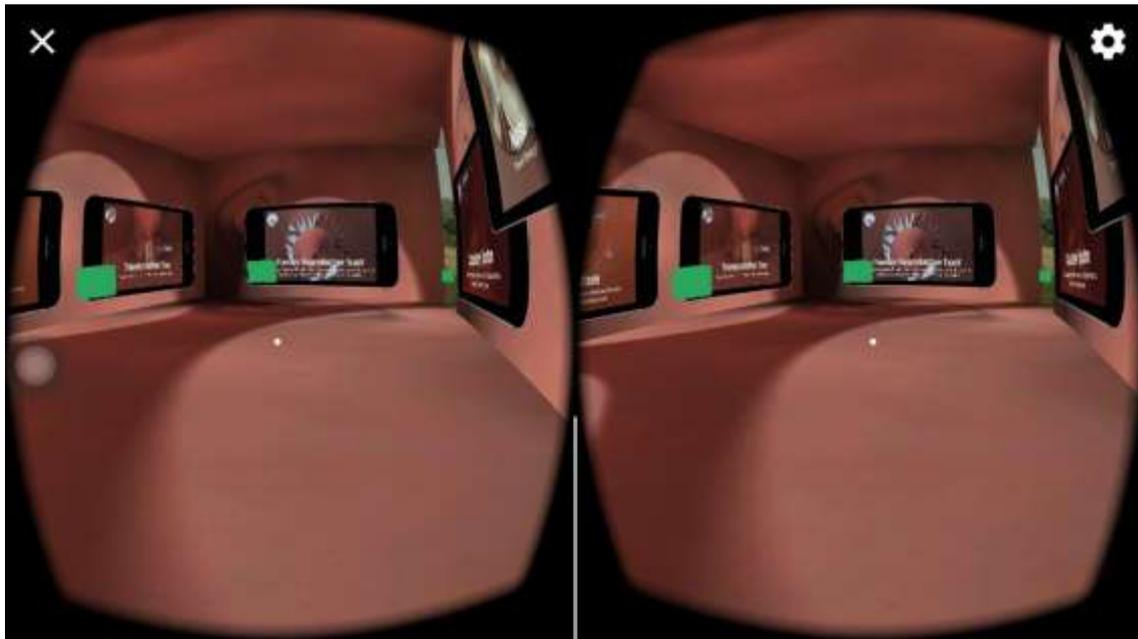
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 12: Prueba en VR 6



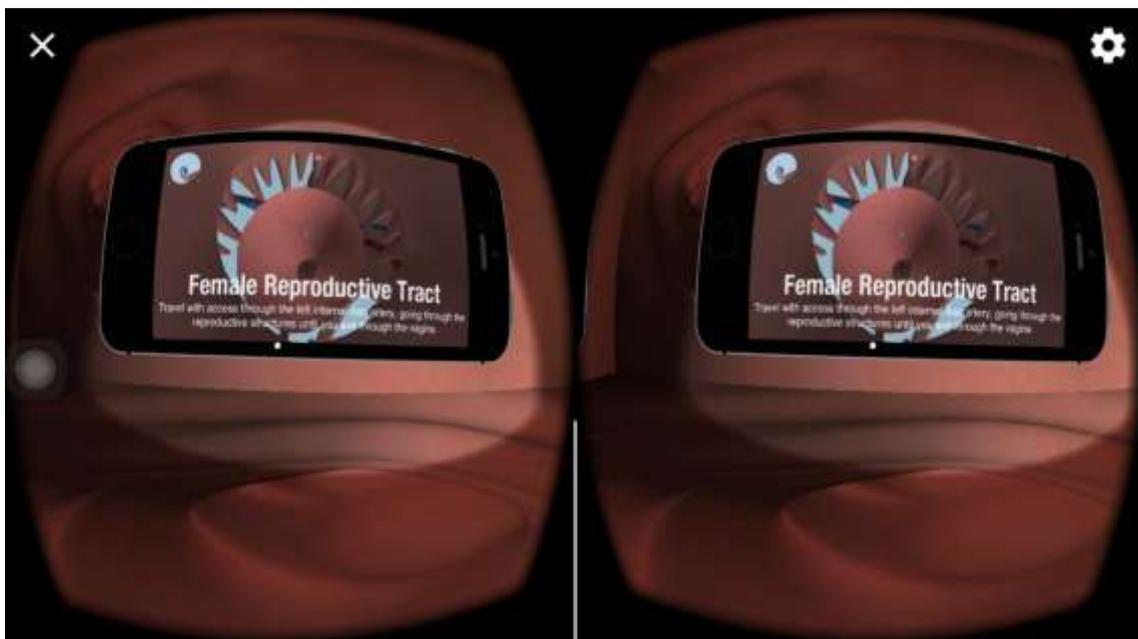
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 13: Prueba en VR 7



Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 14: Prueba en VR 8



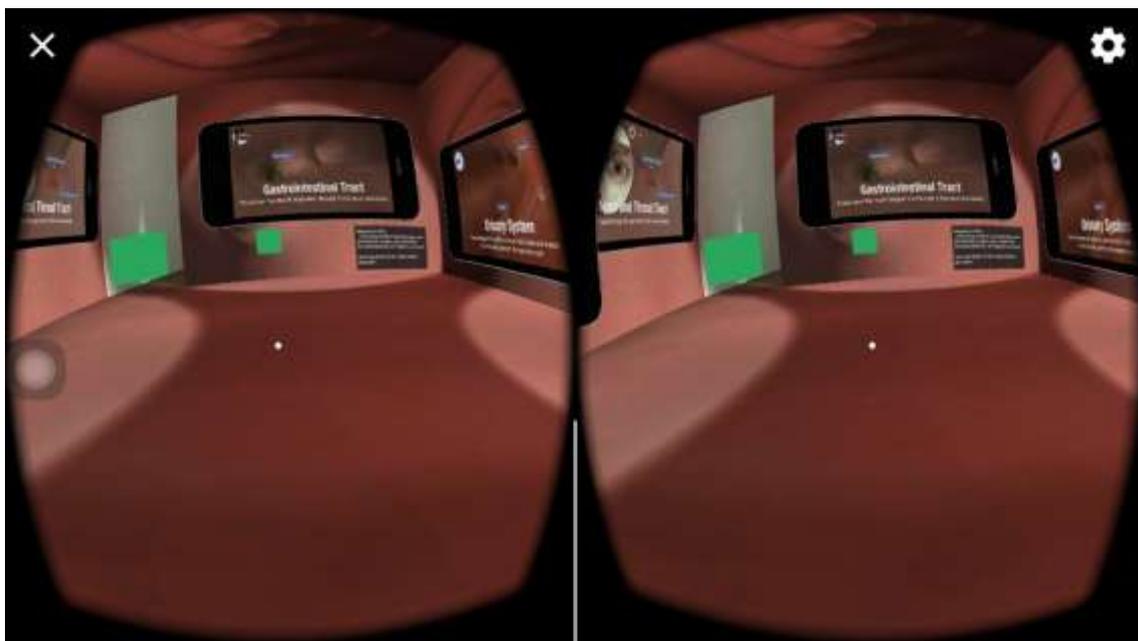
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 15: Prueba en VR 9



Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 16: Prueba en VR 10



Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 17: Prueba en VR 11



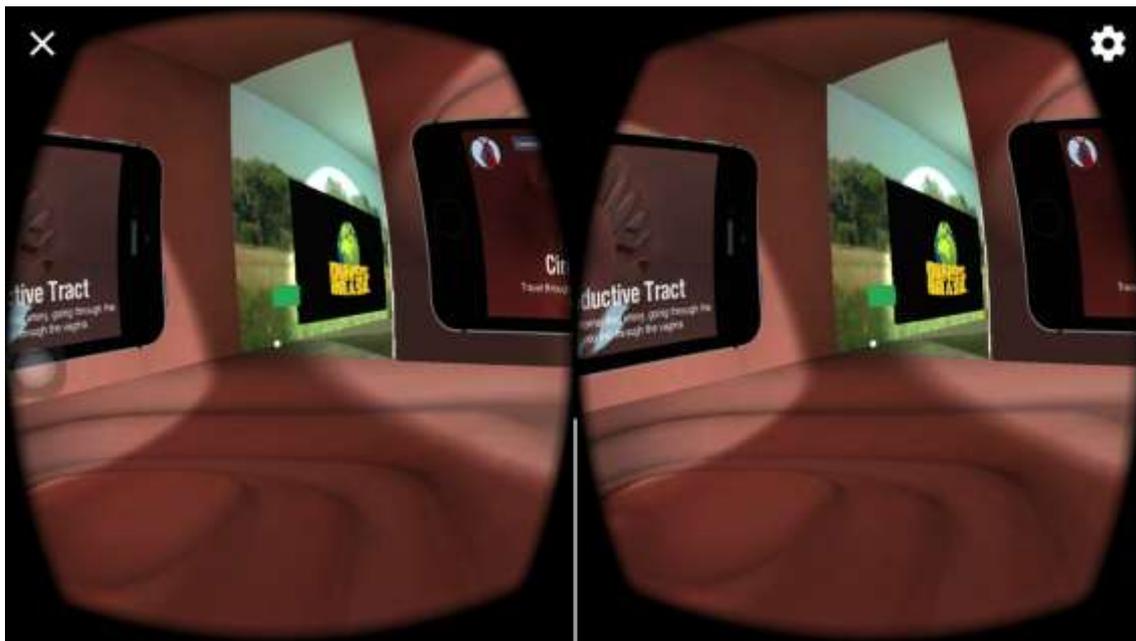
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 18: Prueba en VR 12



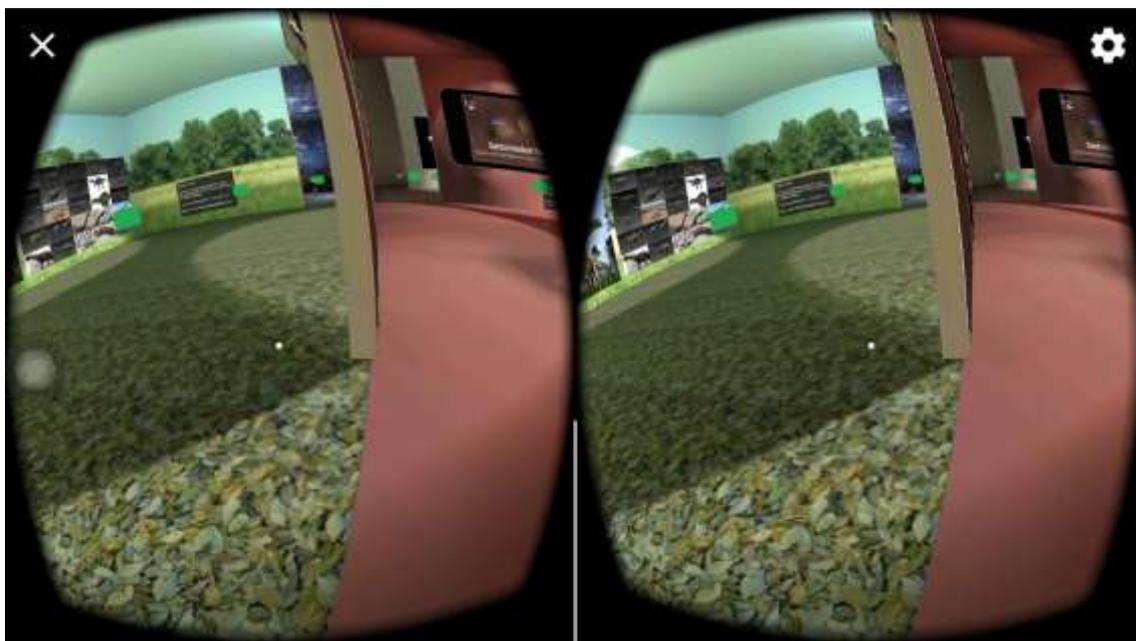
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 19: Prueba en VR 13



Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 20: Prueba en VR 14



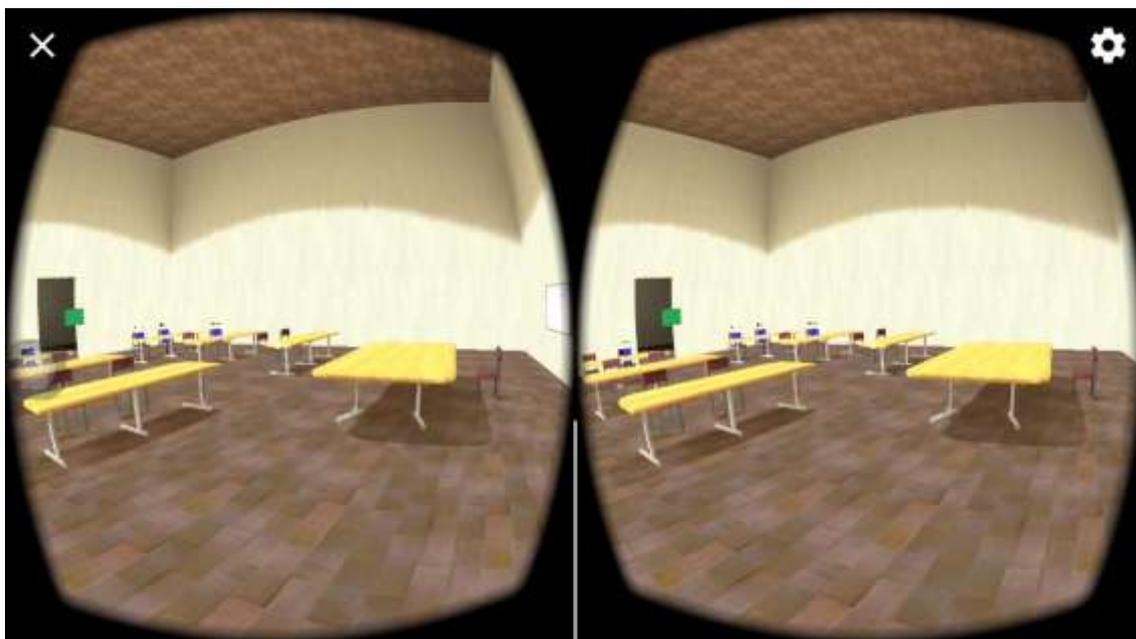
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 21: Prueba en VR 15



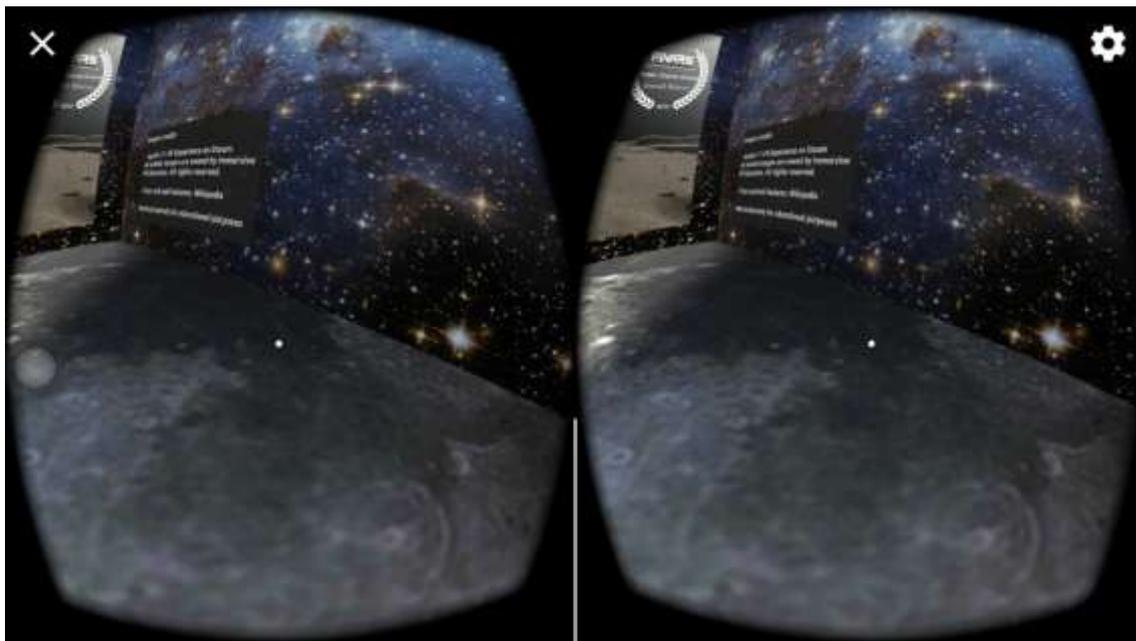
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 22: Prueba en VR 16



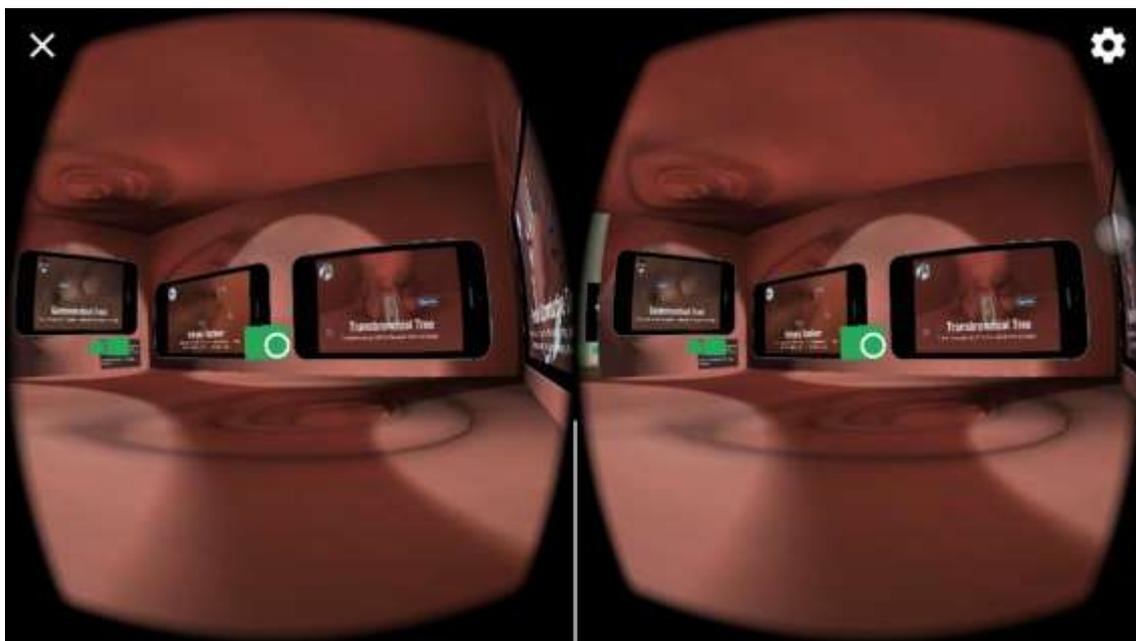
Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 23: Prueba en VR 17



Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 24: Prueba en VR 18



Elaborado por: Jefferson R, Dennys N, 2017

Ilustración 25: Prueba en VR 19



Elaborado por: Jefferson R, Demys N, 2017

Ilustración 26: Prueba en VR 20



Elaborado por: Jefferson R, Demys N, 2017